Министерство образования и науки Челябинской области

*Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение*

**Южно-Уральский государственный технический колледж**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

по организации выполнения и защиты курсового проекта

МДК 02.02

**Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий**

ПМ.02

**Организация и выполнение работ по монтажу и наладке**

**электрооборудования промышленных и гражданских зданий**

специальность 08.02.09

«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

промышленных и гражданских зданий»

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск, 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ 02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских зданий» | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол №  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ С.А.Чиняева / | УТВЕРЖДАЮ  Зам. директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г. |

**Автор(ы):** Гнетова С.Н. – преподаватель

Южно-Уральского государственного технического колледжа

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 Пояснительная записка | 4 |
| 2 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» | 6 |
| 2.1 Общие указания | 6 |
| 2.2 Задание на курсовое проектирование | 8 |
| 2.3 Задания самостоятельной внеаудиторной работы | 8 |
| 2.4 Вопросы для подготовки к защите курсового проекта | 9 |
| 2.5 Содержание пояснительной записки курсового проекта | 10 |
| 2.6 Графическая часть курсового проекта | 11 |
| 3 Методические материалы для выполнения курсового проекта | 12 |
| 3.1 Введение | 12 |
| 3.2 Расчетно-конструкторская часть | 12 |
| 3.2.1 Краткая характеристика объекта | 12 |
| 3.2.2 Выбор рода тока, напряжения и схемы электроснабжения | 12 |
| 3.2.3 Расчет электрических нагрузок | 13 |
| 3.2.4 Компенсация реактивной мощности | 25 |
| 3.2.5 Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции | 31 |
| 3.2.6 Определение центра электрических нагрузок | 33 |
| 3.2.7 Выбор местоположения трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства) | 34 |
| 3.2.8 Выбор защитной и коммутационной аппаратуры | 34 |
| 3.2.9 Выбор марок и сечений проводников электрической сети | 38 |
| 3.2.10 Выбор низковольтных распределительных устройств | 45 |
| 3.2.11 Расчет токов короткого замыкания | 47 |
| 3.2.12 Расчет и выбор питающей линии напряжением выше 1 кВ | 52 |
| 3.2.13 Трансформаторная подстанция (вводно-распределительное устройство) | 54 |
| 3.2.13.1 Выбор типа подстанции | 54 |
| 3.2.13.2 Выбор электрооборудования подстанции | 55 |
| 3.2.13.4 Расчет заземляющего устройства | 57 |
| 3.3 Спецвопрос | 67 |
| 4 Критерии оценки выполненного курсового проекта | 68 |
| 5 Список рекомендуемой литературы | 69 |
| Приложение А. Отзыв на курсовой проект | 70 |

**1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Данные методические рекомендации предназначены для реализации основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» в рамках междисциплинарного курса МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» является частью профессионального модуля ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании» на этапе выполнения практических работ.

Программой МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» предусмотрено выполнение одного курсового проекта, на выполнение которого согласно рабочему учебному плану специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» отводится:

- 30 аудиторных часов для очной формы обучения;

- 18 аудиторных часов для заочной формы обучения.

Содержание индивидуальных заданий на курсовое проектирование направлено на формирование:

***элементов компетенций:***

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрооборудо-вания.

ОК 1.1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 1.2 Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 1.3 Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 1.4 Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для поста-новки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 1.5 Использовать информационно-коммуникационные технологии для совер-шенствования профессиональной деятельности.

ОК 1.6 Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 1.7 Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

ОК 1.8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного разви-тия, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 1.9 Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

***умений:***

составлять отдельные разделы проекта производства работ;

выполнять расчет электрических нагрузок;

осуществлять выбор электрооборудования на разных уровнях напряжения;

***обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:***

государственных, отраслевых нормативных документов по монтажу электрооборудования;

номенклатуры наиболее распространенного электрооборудования, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;

правил оформления текстовых и графических документов.

Для каждой формы обучения по специальности учебным планом предусмотрена внеурочная самостоятельная работа:

1. доработка расчетов разделов и подразделов курсового проекта;
2. оформление текстовой части разделов и подразделов пояснительной записки с использованием компьютерных текстовых редакторов согласно требованиям нормативных документов с использованием компьютерных текстовых редакторов;
3. оформление таблиц с результатами расчетов разделов и подразделов пояснительной записки согласно требованиям нормативных документов с использованием компьютерных текстовых редакторов;
4. доработка рисунков и схем разделов и подразделов пояснительной записки согласно требованиям нормативных документов с использованием компьютерных чертежно-графических редакторов;
5. доработка графической части проекта с использованием компьютерных чертежно-графических редакторов.

Для выполнения курсового проекта по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» обучающийся должен использовать:

1. знания и умения, полученные при изучении следующих дисциплин и МДК специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»:

* математика;
* инженерная графика;
* электротехника;
* электрические машины;
* информационные технологии в профессиональной деятельности;

1. знания, полученные при изучении теоретического курса МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»;

Сформированные элементы общих и профессиональных компетенций, а также полученные знания и умения при выполнении курсового проекта обучающиеся могут использовать:

1. при изучении МДК 02.01 «Монтаж электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и МДК 02.03 «Наладка электрооборудования» ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании»;
2. при изучении МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» и МДК 03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» ПМ.03 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»;
3. при подготовке к итоговой государственной аттестации по специальности 270843 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

При выполнении заданий курсового проекта необходимо применять международную систему СИ и правила выполнения планов и электрических схем в соответствии со стандартами ЕСКД.

Курсовой проект выполняется в установленные сроки и сдается преподавателю на проверку. Защита курсового проекта обязательна. Оценка выставляется с учетом рекомендуемых критериев оценки выполнения.

***К промежуточной аттестации по МДК 02.02 допускаются обучающиеся защитившие курсовой проект на оценку не ниже «удовлетворительно».***

**2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**по выполнению курсового проекта по МДК 02.02**

**«Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»**

**2.1 Общие указания**

Курсовой проект по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» является одним из обязательных видов учебных занятий и формой контроля формирования общих и профессиональных компетенций обучающихся.

Выполнение обучающимися курсового проекта осуществляется на заключительном этапе подготовки по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Для выполнения заданий разделов и подразделов курсового проекта могут быть использованы результаты практических заданий по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателем МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий», рассматривается и принимается цикловой комиссией, утверждается заместителем директора колледжа по учебной работе.

Темы курсового проекта соответствуют примерной тематике курсовых проектов рабочей программы ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании» или могут быть предложены студентом при обосновании им её целесообразности.

Темы курсового проекта утверждаются согласно Положению по курсовому проектированию колледжа.

Тема курсового проекта может.

В отдельных случаях допускается выполнение курсового проекта по одной теме группой студентов.

Курсовой проект может стать составной частью выпускной квалификационной работы (дипломного проекта), если видом итоговой государственной аттестации, определяемым в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и Программой итоговой государственной аттестации выпускников по специальности 08.02.09, является выпускная квалификационная работа (дипломный проект).

По содержанию курсовой проект носит конструкторский характер и состоит из:

1. пояснительной записки

Должна содержать основные расчеты и краткие пояснения к ним. Объем пояснительной записки не менее:

* 25 – 30 листов формата А4 печатного текста;

1. графической части

2 листа формата А1

(выполняются с использованием любого компьютерного графического редактора):

Лист 1

План расположения электрооборудования и схема электроснабжения объекта

Лист 2

Принципиальные схемы питающих и распределительных сетей объекта.

Пояснительная записка и графическая часть курсового проекта должны быть оформлены согласно требованиям действующих нормативных документов, а также в соответствии с требованиями стандартов проектной документации для строительства.

Пояснительная записка должна содержать следующее:

* титульный лист;
* индивидуальное задание на курсовое проектирование;
* лист содержания;
* разделы и подразделы согласно заданию на курсовое проектирование.

Исходными данными для проектирования является вариант индивидуального задания на проектирование, в котором приведены:

* назначение и план объекта;
* сведения о характере электрических нагрузок и паспортные данные электроприемников;
* категория электроприемников объекта по надежности электроснабжения;
* основные характеристики электрических сетей объекта.

Во введении пояснительной записки курсового проекта следует отразить актуальность темы, указать на достижения электротехнической отрасли, о распределении потреблении электрической энергии на объекте проектирования, способы экономии электроэнергии, вопросы экологии и основные цели выполнения курсового проекта для заданного объекта (объем не более 2 листов формата А4).

Пояснительная записка также должна иметь следующие разделы и подразделы:

**Введение**

**1 Расчетно-конструкторская часть**

1.1 Краткая характеристика объекта

1.2 Выбор рода тока, напряжения и схемы внутрицехового электроснабжения

1.3 Расчет электрических нагрузок

1.4 Компенсация реактивной мощности

1.5 Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции

1.6 Определение центра электрических нагрузок

1.7 Выбор местоположения трансформаторной подстанции (вводно-распределитель-ного устройства)

1.8 Выбор защитной и коммутационной аппаратуры

1.9 Выбор марок и сечений проводников электрической сети

1.10 Выбор низковольтных распределительных устройств

#### 1.11 Расчет токов короткого замыкания

#### 1.12 Расчет и выбор питающей линии напряжением выше 1 кВ

#### 1.13 Трансформаторная подстанция (вводно-распределительное устройство)

1.13.1 Выбор типа подстанции

1.13.2 Выбор электрооборудования подстанции

1.13.3 Выбор сборных шин

1.13.4 Расчет заземляющего устройства

2 Спецвопрос (согласно варианта индивидуального задания)

Заключение

Список используемых источников

Общее руководство и контроль выполнения курсового проекта осуществляет преподаватель дисциплины.

На время выполнения курсового проекта составляется расписание учебных занятий. Количество часов аудиторных занятий по курсовому проектированию определяется по учебному плану специальности 08.02.09.

В ходе консультаций преподаватель разъясняет назначение, задачи, структуру, объем, принцип разработки и оформления, распределение времени на выполнение отдельных частей курсового проекта, даёт ответы на вопросы обучающихся.

Основные функции руководителя курсового проектирования:

* консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения

курсового проекта;

* оказание помощи обучающимся в подборе необходимой литературы нормативной и технической литературы по тематике курсового проекта;
* контроль выполнения разделов курсового проекта;
* подготовка письменного отзыва на курсовой проект.

По завершении обучающимся курсового проекта руководитель проверяет и подписывает пояснительную записку и графическую часть курсового проекта, составляет письменный отзыв и передает курсовой проект и отзыв обучающемуся для ознакомления.

Письменный отзыв (Приложение А) должен содержать:

* заключение о степени соответствия выполненного курсового проекта заданию;
* характеристику выполнения разделов проекта;
* оценку качества выполнения графической части и пояснительной записки;
* положительные качества курсового проекта;
* перечень основных недостатков курсового проекта;
* предварительную оценку курсового проекта.

Защита курсового проекта является обязательной.

Студентам, получившим неудовлетворительную оценку по курсовому проекту, предоставляется право выбора новой темы курсового проекта или, по решению преподавателя, доработки прежней темы и определяется новый срок для его выполнения.

**2.2** **Задание на курсовое проектирование**

Задание на курсовое проектирование выдает преподаватель МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Задание состоит из двух частей:

1. план расположения электрооборудования производственного цеха;
2. технические характеристики электрооборудования цеха и элементов электрических сетей внутреннего электроснабжения.

Другие цифровые данные и технические характеристики электрооборудования следует определить по нормативной и справочной литературе.

При работе над курсовым проектом рекомендуется пользоваться данными методическими рекомендациями, а также литературой, приведенной в разделе 5 данных методических рекомендаций.

**2.3** **Задания самостоятельной внеаудиторной работы**

Согласно учебному плану специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» для ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании» по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» предусмотрена самостоятельная внеаудиторная работа по разделам и подразделам курсового проекта в объеме 18 часов.

Содержание заданий самостоятельной внеаудиторной работы определяется по индивидуальному заданию и предусматривает:

1. выполнение расчетов разделов и подразделов курсового проекта в черновом варианте;
2. оформление текстовой части разделов и подразделов пояснительной записки с использованием компьютерных текстовых редакторов согласно требованиям нормативных документов;
3. оформление таблиц с результатами расчетов разделов и подразделов пояснительной записки согласно требованиям нормативных документов с использованием компьютерных текстовых редакторов;
4. доработка рисунков и схем разделов и подразделов пояснительной записки согласно требованиям нормативных документов с использованием компьютерных чертежно-графических редакторов;
5. доработка плана электроснабжения объекта;
6. доработка плана электроснабжения объекта с использованием компьютерных чертежно-графических редакторов;
7. доработка однолинейной схемы трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства) объекта;
8. доработка принципиальных схем электрических сетей объекта;
9. подготовка пояснительной записки и графической части проекта к проверке на соответствие требованиям нормоконтроля;
10. подготовка к защите курсового проекта.

**2.4 Вопросы для подготовки к защите курсового проекта**

К защите курсового проекта необходимо подготовить ответы на следующие вопросы:

* структурные схемы передачи электроэнергии к потребителям;
* классификация силовых и осветительных электроприемников;
* классификация электроприемников по степени бесперебойности электроснабжения;
* шкала стандартных напряжений при передаче электроэнергии к потребителям (на всех этапах);
* надежность электроснабжения с учетом требований ПУЭ;
* требования к качеству электрической энергии в сетях внутреннего электроснабжения;
* виды схем внутреннего электроснабжения;
* устройство и конструктивное выполнение сетей внутреннего электроснабжения;
* условия, учитываемые при выборе схем внутреннего электроснабжения;
* графики электрических нагрузок (основные величины);
* расчет электрических нагрузок при подключении к электрической сети силовых электроприемников и осветительных установок;
* назначение и виды компенсации реактивной мощности;
* мероприятия по компенсации реактивной мощности;
* схемы подключения и основные характеристики компенсирующих устройств;
* условия выбора типа и количества компенсирующих устройств;
* порядок выбора числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях;
* понятие «центра электрических нагрузок» и порядок расчета его координат;
* факторы, влияющие на определение местоположения трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства);
* классификация трансформаторных подстанций по местоположению;
* виды, назначение и места установки защитной и коммутационной аппаратуры в сетях внутреннего электроснабжения;
* порядок выбора защитной и коммутационной аппаратуры сетей внутреннего электроснабжения;
* основные требования к конструкции проводников сетей внутреннего электроснабжения;
* порядок выбора сечений проводников сетей внутреннего электроснабжения;
* определение пускового и пикового тока электроприемников и электрических сетей внутреннего электроснабжения;
* проверка электрических сетей на соответствие выбранному аппарату токовой защиты;
* выбор и расчет электрических сетей по потере напряжения,
* назначение, типы и конструктивное исполнение низковольтных распределительных устройств сетей внутреннего электроснабжения;
* условия выбора низковольтных распределительных устройств сетей внутреннего электроснабжения;
* назначение, конструктивное исполнения и порядок расчета заземляющих устройств сетей внутреннего электроснабжения;
* мероприятия по снижению потерь и рациональному расходованию электроэнергии в трансформаторах, воздушных и кабельных линиях.

**2.5 Содержание пояснительной записки курсового проекта**

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать:

1. титульный лист (Приложение Б);

необходимо указать:

1. наименование МДК;
2. тему курсового проекта;
3. подписи исполнителя и руководителя.

2. задание на курсовое проектирование, подписанное руководителем проекта;

3. содержание;

необходимо указать перечень разделов пояснительной записки и их страницы;

4. введение;

следует отразить актуальность темы, указать на достижения электротехнической отрасли, о распределении и потреблении электрической энергии на объекте проектирования, способы экономии электроэнергии, вопросы экологии и основные цели выполнения курсового проекта для заданного объекта (объем не более 2 листов формата А4).

5. расчетно-конструкторская часть;

1. описание строительной части объекта;
2. характеристику электрооборудования объекта;
3. исходные данные для проектирования;
4. выбрать род тока, напряжение и схему электроснабжения;
5. рассчитать электрические нагрузки объекта (с учетом возможной компенсации реактивной мощности);
6. определить число и мощность силовых трансформаторов на подстанции;
7. рассчитать координаты центра электрических нагрузок объекта;
8. обосновать выбор местоположения трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства;
9. выбрать защитные и коммутационные аппараты на всех участках сети внутреннего электроснабжения;
10. определить характеристики проводников на всех участках сети внутреннего электроснабжения;
11. выбрать тип и схему низковольтных распределительных устройств сети внутреннего электроснабжения;
12. выбрать электрооборудование трансформаторной подстанции (вводно-распреде-лительного устройства);
13. рассчитать заземляющее устройство трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства);

6. спецвопрос;

необходимо рассмотреть один из вопросов (согласно индивидуального задания на курсовое проектирование) представленных в разделе 3.4 данных методических рекомендаций;

7. заключение

* представить краткое описание принятых технических решений в проекте;
* отразить достоинства разработанного проекта электроснабжения;

7. список используемых источников

необходимо указать нормативную, справочную и учебную литературу, использованную при выполнении курсового проекта.

Пояснительная записка курсового проекта должна быть оформлена согласно действующих нормативных документов, а также в соответствии с требованиями стандартов проектной документации для строительства.

Основные требования нормоконтроля к оформлению пояснительной записки курсового проекта представлены в разделе 4 данных методических рекомендаций.

**2.6 Графическая часть курсового проекта**

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена с использованием любого компьютерного графического редактора и представлена на двух листа формата А1:

Лист 1

План расположения электрооборудования и схема электроснабжения объекта.

Лист 2

Принципиальные схемы питающих и распределительных сетей объекта.

Графическая часть курсового проекта должна быть оформлена согласно действующим нормативным документам, а также в соответствии с другими требованиями стандартов проектной документации для строительства.

Основные требования нормоконтроля к оформлению графической части курсового проекта представлены в разделе 4 данных методических рекомендаций.

**3 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**3.1 Введение**

Во введении пояснительной записки курсового проекта следует отразить актуальность темы, указать на особенности технологии производства объекта проектирования, достижения электротехнической отрасли, определить основные принципы распределения и потребления электрической энергии на объекте проектирования, способы экономии электроэнергии, кратко рассмотреть вопросы экологии и сформулировать основные цели и задачи выполнения курсового проекта для заданного объекта (объем не более 3 листов формата А4).

Для введения курсового проекта может использоваться информация:

1. специализированных журналов и газет;
2. электронных презентаций энергоснабжающих и электромонтажных организаций;
3. сайтов энергоснабжающих и электромонтажных организация;
4. рекламных проспектов энергоснабжающих и электромонтажных организация;
5. современной технической литературы по специальности 08.02.09 и т.д.

**3.2 Расчетно-конструкторская часть**

**3.2.1 Краткая характеристика объекта**

В характеристике объекта должны быть отражены следующие вопросы:

1. описание строительной части объекта;
2. характеристика системы электроснабжения;
3. основные характеристики установленного электрооборудования.

**3.2.2** **Выбор рода тока, напряжения и**

**схемы внутрицехового электроснабжения**

На любом объекте проектирования внутреннего электроснабжения имеются электроприемники напряжением до 1 кВ. К таким низковольтным потребителям относятся силовые установки, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии, необходимые для технологических целей, в том числе электроприводы различных технологических установок и металлорежущих станков, нагревательные устройства, осветительные установки и т.д. Таким образом, распределение электрической энергии внутри объектов проектирования и непосредственное питание электроприемников осуществляется через электрические сети напряжением до 1 кВ.

Род тока и номинальное напряжение сети должны соответствовать паспортным данным электроприемников, подключенных к электрической сети внутреннего электроснабжения.

Схема электрической сети внутреннего электроснабжения объекта проектирования определяется технологическим процессом производства, категорией надежности электроснабжения, взаимным расположением трансформаторных подстанций (ТП) или ввода питания и электроприемников, их единичной установленной мощностью и размещением по площади объекта проектирования. Схема должна быть проста, безопасна и удобна в эксплуатации, экономична, удовлетворять характеристике окружающей среды, обеспечивать применение индустриальных методов монтажа.

Схемы внутреннего электроснабжения могут быть:

1. радиальными;
2. магистральными;
3. смешанными.

Радиальные схемы целесообразно использовать для питания крупных электроприемников и при расположении потребителей электроэнергии в разных направлениях от питающего центра – цеховой трансформаторной подстанции (ТП) или низковольтного распределительного пункта (НРП).

Характерная радиальная схема внутреннего электроснабжения: от источника питания, например от ТП, отходят линии, питающие непосредственно мощные электроприемники или отдельные НРП, от которых самостоятельными линиями питаются более мелкие электроприемники.

*Основные преимущества радиальных схем*:

1. простота исполнения и удобство в эксплуатации;
2. повышенная надежность;
3. пониженные потери напряжения и мощности;
4. приспособленность к автоматизации.

*Недостатки по сравнению с магистральными схемами*;

1. больший расход цветных металлов;
2. большая стоимость;
3. большие токи короткого замыкания.

Магистральные схемы находят широкое применение для питания не только нескольких электроприемников одной технологической линии, но также большого числа сравнительно мелких электроприемников, не связанных единым технологическим процессом. К таким потребителям относятся, например, металлорежущие станки, распределенные по площади сравнительно равномерно. В зависимости от необходимой надежности электроснабжения электроприемников магистральные линии могут иметь одно- или двухстороннее питание.

Для питания электроэнергией большого числа электроприемников сравнительно не­большой мощности, равномерно распределенных по площади цеха, применяются схемы с двумя видами магистральных линий:

1. питающими;
2. распределительными.

Питающие магистрали (типа ШМА) подключаются к сборным шинам ТП, а распределительные магистрали (типа ШРА) – к питающим магистралям ШМА или непосредственно к сборным шинам ТП.

*Основные преимущества магистральных схем по сравнению с радиальными*:

1. меньший расход цветных металлов;
2. меньшая стоимость;
3. меньшие токи короткого замыкания;
4. гибкость и универсальность;
5. возможность применения готовых конструкций шинопроводов и индустриаль­ных методов монтажа при выполнении магистральных линий.

*Недостатки магистральных схем* :

1. меньшая надежность;
2. большая сложность построения;
3. большие потери напряжения и мощности.

Только радиальные или магистральные схемы применяются редко. Наибольшее распространение на практике находят смешанные схемы, сочетающие в себе элементы ради­альных и магистральных схем.

**3.2.3 Расчет электрических нагрузок**

В данном разделе курсового проекта необходимо определить расчетную нагрузку распределительного устройства (шкафа, пункта, шинопровода и др.), а также на шинах цеховой трансформаторной подстанции (вводно-распределительного устройства).

Перед расчетом электрических нагрузок необходимо определить номинальные активные мощности электроприемников.

Под *номинальной мощностью электроприемника* понимают его мощность, указанную на заводской табличке или паспорте.

Для электроприемника работающего продолжительном режиме номинальная активная мощность определяется по формуле



Для электродвигателя номинальная мощность соответствует мощности, развиваемой двигателем на валу при номинальной нагрузке и напряжении.

Для электроприемника с повторно-кратковременным режимом работы в паспорте обычно указывают мощность рпасп при определенной продолжительности включения ПВ в долях единицы. Поэтому номинальную мощность, приведенную к ПВ=100%, определяют по формулам:

* для электродвигателей

;

* для сварочных трансформаторов

;

* для трансформаторов электрических печей

;

* для электрических печей сопротивления, нагревательных приборов и ламп накаливания

,

где рпасп –паспортная мощность электродвигателя, кВт;

Sпасп – паспортная мощность сварочного или печного трансформатора, кВА;

 - паспортная величина коэффициента мощности.

***Порядок расчета силовых электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм:***

1. Всё электрооборудование и необходимые исходные данные определяются по варианту индивидуального задания на курсовое проектирование, а также по выбранной схеме внутреннего электроснабжения и заносятся в таблицу формы Ф636-90 (таблица 1 данных методических рекомендаций).
2. Расчет электрических нагрузок выполняется для каждого узла питания внутрицеховой электрической сети.
3. Все электроприемники группируются по характерным категориям с одинаковыми  и .
4. В каждой строке таблицы 1 указываются электроприемники одной характерной категории.
5. Расчет выполняется для каждой характерной категории электроприемников отдельно.
6. Название характерной категории электроприемников указывается в графе 1 таблицы 1.
7. Количество электроприемников , шт, для каждой характерной категории электроприемников указывается в графе 2 таблицы 1.
8. Номинальная мощность , кВт, одного электроприемника характерной категории указывается в графе 3 таблицы 1.
9. Общая номинальная (установленная) мощность характерной категории электроприемников **, кВт, определяетсяпо формуле:

,

где  – количество электроприемников в характерной категории, шт;

 - номинальная мощность одного электроприемника характерной категории, кВт.

Результаты расчета заносятся в графу 4 таблицы 1.

1. Коэффициент использования электроприемников характерной категории  определяется по таблице 9 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом режима работы электроприемников указанного в варианте индивидуального задания на курсовое проектирование указывается в графе 5 таблицы 1. При наличии в справочных материалах интервальных значений  для расчета принимаются наибольшие значения.
2. Коэффициент мощности электроприемников характерной категории  определяется по варианту индивидуального задания на курсовое проектирование и указывается в графе 6 таблицы 1 данной тетради.
3. Коэффициент мощности электроприемников характерной категории  определяется по таблице 10 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения коэффициента мощности  и указывается в графе 6 таблицы 1.
4. Средняя активная мощность характерной категории электроприемников , кВт, определяется по формуле:

,

где  – коэффициент использования электроприемников характерной категории;

 – общая номинальная (установленная) мощность характерной категории электроприемников, кВт.

Результаты расчета заносятся в графу 7 таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность характерной категории электроприемников , квар, определяется по формуле:

,

где  – средняя активная мощности характерной категории электроприемников, кВт;

 – коэффициент мощности электроприемников характерной категории.

Результаты расчета заносятся в графу 8 таблицы 1.

1. Далее расчет выполняется для всего узла питания. Результаты расчета заносятся в строку «Итого по …».
2. Количество электроприемников , шт, определяется по формуле:

,

где  - количество электроприемников в каждой характерной категории, шт.

Результаты расчета заносятся в графу 2 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. По графе 3 таблицы 1указываются наименьшая  и наибольшая  мощности электроприемников из всех характерных категорий.

Результаты выбора записываются в графу 3 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Общая номинальная (установленная) мощность узла питания , кВт, определяется по формуле:



где  – номинальные (установленные) мощности характерных категорий электроприемников, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 4 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Средняя активная мощность узла питания , кВт, определяется по формуле:



где  – средние активные мощности характерных категорий электроприемников, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 7 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность узла питания , квар, определяется по формуле:



где  – средние реактивные мощности характерных категорий электроприемников, квар.

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Средневзвешенный коэффициент использования  определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 5 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Средневзвешенный коэффициент реактивной мощности  определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 6 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Коэффициент мощности  определяется по таблице 11 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения коэффициента мощности  и указывается в графе 6 таблицы 1.
2. Эффективное число электроприемников , шт, определяется по формуле:

,

где  – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника, подключенного к узлу питания (из графы 3 строки «Итого по …» таблицы 1), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . В случае, если , также принимается . Результат заносится в графу 9 строки «Итого по …» таблицы 1.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

1. Коэффициент расчетной нагрузки  определяется по таблице 6 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения средневзвешенного коэффициента использования  (п.21 данного расчета) и эффективного числа электроприемников  (п.24 данного расчета) и указывается в графе 9 таблицы 1.

Результаты выбора записываются в графу 10 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Расчетная активная мощность узла питания , кВт, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность узла питания , квар, определяется в зависимости от значения эффективного числа электроприемников :

если , то ;

если >10, то .

Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность узла питания , кВА, определяется по формуле :

.

Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Значение расчетной токовой нагрузки узла питания , А, определяется по выражению:

**,**

где **** – номинальное напряжение узла питания, кВ.

Результаты расчета записываются в графу 14 строки «Итого по …» таблицы 1.

1. Исходные данные для расчета осветительной нагрузки:

* удельная мощность осветительной нагрузки *Руд*;
* площадь помещения *F*;
* тип ламп.

указываются в графе 1 таблицы 1.

1. Общая номинальная (установленная) мощность осветительной нагрузки , кВт, определяется по формуле:

,

где  – удельная мощность осветительной нагрузки, Вт/м2;

– площадь цеха, м2.

.

# Таблица 1 – **Форма Ф636-90**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя мощность | | Эффек тивное число  ЭП  п э | Коэффициент расчет  ной  нагруз  ки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток  Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным  данным | | активная  Рс,  кВт | реактивная  Qс,  квар | актив  ная  Рр,  кВт | реак  тив  ная  Qр,  квар | полная  Sр,  кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | количество  ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  исполь  зования  ки | коэффи  циент  мощно  сти  cos ϕ ⁄  tg ϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Результаты расчета записываются в графу 4 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Коэффициент спроса осветительной нагрузки  определяется по таблице 14 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом наименования организации, учреждения или предприятия, а также значения номинальной (установленной) мощности осветительной нагрузки Рн.о.

Результаты выбора записываются в графу 5 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Определяются коэффициенты мощности осветительной нагрузки  и  в зависимости от типа ламп:

* светодиодные – 0,95 / 0,33
* люминесцентные с компенсированными

пускорегулирующими аппаратами – 0,95 / 0,33

* ртутные (ДРЛ) – 0,57 /1,44
* накаливания – 1 / 0

Результаты выбора записываются в графу 6 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Средняя активная мощность осветительной нагрузки , кВт, определяется по формуле:

*.*

Результаты расчета записываются в графу 7 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность осветительной нагрузки , квар, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Определяется коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре  в зависимости от типа ламп (графа 10):

* светодиодные – 1,2
* люминесцентные – 1,2
* ДРЛ, ДРИ и ДНаТ до 400 Вт включительно – 1,1
* накаливания – 1,0

Результаты выбора записываются в графу 10 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Расчетная активная мощность осветительной нагрузки , кВт, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки , квар, определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность осветительной нагрузки *.*, кВА, определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Расчетный ток осветительной нагрузки , А, определяется по формуле:

,

где  – номинальное напряжение осветительной сети цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 14 строки «Освещение» таблицы 1.

1. Если от шин трансформаторной подстанции питается силовая и осветительная нагрузка, то расчет осветительной нагрузки разрешается вносить в форму Ф636-90 отдельной строкой.
2. Общая номинальная мощность нагрузки цеха с освещением , кВт, определяется по формуле:

где – общая номинальная мощность силовых электроприемников цеха, кВт;

– общая номинальная мощность осветительных установок цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 4 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Средняя активная мощность нагрузки цеха с освещением , кВт, определяется по формуле:

где – средняя активная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– средняя активная мощность осветительных установок цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 7 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность нагрузки цеха с освещением , квар, определяется по формуле:

где – средняя реактивная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– средняя реактивная мощность осветительных установок цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Cредневзвешенный коэффициент мощности по цеху с освещением определяется по формуле:

Результаты расчета записываются в графу 6 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Расчетная активная мощность цеха , кВт, определяется по формуле:

где – расчетная активная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– расчетная активная мощность осветительных установок цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность на шинах цеховой трансформаторной подстанции , квар, определяется по формуле:

где – расчетная реактивная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– расчетная реактивная мощность осветительных установок цеха, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность цеха , кВА, определяется по формуле:

Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Значение расчетного тока на шинах цеховой трансформаторной подстанции при подключении силовых электроприемников и осветительных установок , А, определяется по выражению:

Результаты расчета записываются в графу 14 строки «Итого с освещением» таблицы 1.

1. Исходные данные для расчета электрических нагрузок сторонних потребителей заносятся в графы 2, 3, 5, 6 таблицы 1.
2. Общая номинальная (установленная) мощность сторонних потребителей Рном.сп., кВт, определяется по формуле:

,

где  – количество сторонних потребителей, шт;

 – номинальная (установленная) мощность одного стороннего потребителя, кВт.

Результаты расчета записываются в графу 4 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Для заданного коэффициента мощности *cosφ* стороннего потребителя по таблице 10 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение» определяется коэффициент реактивной мощности .
2. Средняя активная мощность сторонних потребителей Рс.сп., кВт, определяется по формуле:

**,

где ** – коэффициент использования сторонних потребителей.

Результаты расчета записываются в графу 7 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность сторонних потребителей , квар, определяется по формуле:

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Эффективное число электроприемников пэ.сп., шт., определяется по формуле:

,

где  – номинальная мощность одного стороннего потребителя (из графы 3 строки «Сторонние потребители» таблицы 1), кВт.

Если найденное по этой формуле число пэ.сп. окажется больше , то следует принимать .

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

Результаты расчета записываются в графу 9 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Коэффициент расчетной нагрузки  определяется по таблице 7 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения коэффициента использования сторонних потребителей  (графа 5 строки «Сторонние потребители таблицы 1) и эффективного числа электроприемников  (п.55 данного расчета) и указывается в графе 10 строки «Сторонние потребители».
2. Расчетная активная мощность сторонних потребителей цеха Рр.сп., кВт, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность сторонних потребителей цеха Qс.сп., квар, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность сторонних потребителей цеха Sр.сп., кВА, определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Расчетный ток сторонних потребителей цеха Iр.сп., А, определяется по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

Результаты расчета записываются в графу 14 строки «Сторонние потребители» таблицы 1.

1. Далее в строке «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1 определяется нагрузка на шинах цеховой трансформаторной подстанции с учетом силовой и осветительной нагрузки цеха и его сторонних потребителей.
2. Количество электроприемников цеховой трансформаторной подстанции *пТП*, шт, определяется по формуле:

*пТП=п+псп*

где *п* –количество силовых электроприемников (п.16 данного расчета), шт;

*псп* – количество сторонних потребителей (графа 2 строки «Сторонние потребители»), шт.

Результаты расчета записываются в графу 2 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. В графе 3 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников, питающихся от шин цеховой трансформаторной подстанции.
2. Общая номинальная (установленная) мощность цеха со сторонними потребителями Рном, кВт, определяется по формуле:



где Рном.цеха – номинальная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (графа 4 строки «Итого с освещением» таблицы 1), кВт;

Рном.сп. –номинальная мощность сторонних потребителей (графа 4 строки «Сторонние потребители» таблицы 1), кВт.

Результаты расчета записываются в графу 4 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Средняя активная мощность цеха со сторонними потребителями Рс, кВт, определяется по формуле:



где Рс.цеха – средняя активная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (графа 7 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1), кВт;

Рс.сп. – средняя активная мощность сторонних потребителей цеха (графа 7 строки «Сторонние потребители» таблицы 1), кВт.

Результаты расчета записываются в графу 7 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность цеха со сторонними потребителями Qс, квар, определяется по формуле:



где Qс.цеха – средняя реактивная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (графа 8 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1), кВт;

Qс.сп. – средняя реактивная мощность сторонних потребителей цеха (графа 8 строки «Сторонние потребители» таблицы 1), кВт.

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Cредневзвешенный коэффициент использования ки определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 5 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Средневзвешенный коэффициент реактивной мощности  определяется по формуле:

Результаты расчета записываются в графу 6 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Коэффициент мощности  определяется по таблице 11 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения коэффициента мощности  и указывается в графе 6 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.
2. Эффективное число электроприемников пэ, шт, определяется по формуле:

,

где  – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника цеха или стороннего потребителя (из графы 3 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . Результат заносится в графу 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 14.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

Результаты расчета записываются в графу 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Коэффициент расчетной нагрузки *кр* определяется по таблице 7 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения средневзвешенного коэффициента использования  (п.67 данного расчета) и эффективного числа электроприемников  (п.70 данного расчета) и указывается в графе 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.
2. Расчетная активная мощность цеха со сторонними потребителями Рр, кВт, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность цеха со сторонними потребителями Qр, квар, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность цеха со сторонними потребителями Sр, кВА, определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

1. Расчетный ток цеха с учетом сторонних потребителей Iр, А, определяется по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

Результаты расчета записываются в графу 14 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.

**3.2.4 Компенсация реактивной мощности**

На электрических станциях генераторы электрической энергии вырабатывают одновременно активную и реактивную мощности, передаваемые по электрическим сетям потребителям. Одна часть потребителей-электроприемников для своей работы потребляет из сети чисто активную мощность (электрические лампы накаливания, нагревательные приборы, печи сопротивления и т.п.). У этих электроприемников ток совпадает по фазе с приложенным напряжением. Другая часть, с наличием в цепи индуктивного сопротивления, в процессе работы потребляет не только активную, но и реактивную мощность, необходимую для создания электромагнитных полей (электродвигатели, сварочные и силовые трансформаторы и т.д.). У этих электроприемников ток отстает от приложенного напряжения на некоторый угол ϕ, называемый *углом сдвига фаз.* Косинус этого угла (cos ϕ) называют *коэффициентом мощности цепи.*

Снижая потребление приемниками реактивной мощности можно:

1. уменьшить установленную мощность генератора источника питания;
2. уменьшить трансформаторную мощность подстанций;
3. увеличить пропускную способность системы электроснабжения без увеличения сечения токоведущих частей.

Различают два вида компенсации реактивной мощности:

1. естественная (без установки специальных устройств)

* упорядочение технологического процесса;
* использование синхронных двигателей во всех случаях, когда это рационально и возможно;
* правильный выбор трансформаторов и двигателей с их оптимальной нагрузкой;
* применение устройств, ограничивающих холостой ход электроприемников;
* замена и временное отключение малозагруженных трансформаторов (менее чем на 30 % от номинального);

1. искусственная

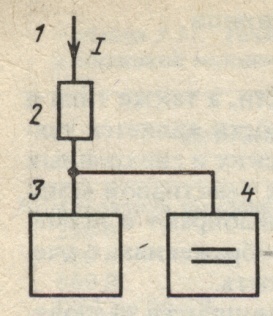
* установка статических конденсаторов;
* использование синхронных двигателей в качестве компенсаторов.

Тип компенсирующего устройства выбирается с учетом номинального напряжения, номинальной реактивной мощности батареи, месторасположения конденсаторной батареи.

Для выбора типа компенсирующего устройства необходимо учитывать:

1. схему подключения (индивидуальная, групповая, центральная);

а) *индивидуальная* – простейшая разновидность индивидуальной компенсации заключается в присоединении конденсаторов непосредственно к зажимам электроприемников (рисунок 1).



1 – питающая линия (– ток);

2 – коммутационная аппаратура электроприемника;

3 – электроприемник;

4 – конденсатор или конденсаторная установка.

Рисунок 1 – Схема индивидуальной компенсации реактивной мощности

Благодаря отсутствию каких-то коммутационных аппаратов и специальных разрядных сопротивлений достигается минимально возможная удельная стоимость такой установки, определяемая практически только стоимостью самих конденсаторов. В случае маломощных электроприемников используются менее мощные дешевые бумажно- или пленочно-металлические конденсаторы, выбираемые по амплитудному значению напряжения электроприемников. Иногда такие конденсаторы встраивают в электроприемники (например, в светильники с разрядными лампами). Так как реактивная мощность конденсаторов, глухо соединенных с зажимами электроприемников, во времени постоянна, то в случае переменного графика работы электроприемника их во избежание перекомпенсации выбирают по номинальной реактивной мощности приемника (например, по реактивной мощности холостого хода).

Недостатками индивидуальной компенсации с глухоприсоединенными конденсаторами являются следующие:

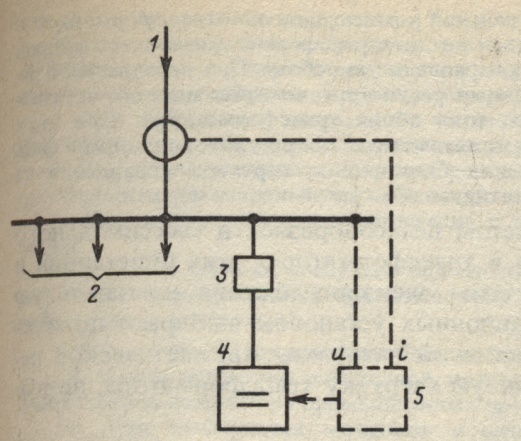
* + отключение конденсаторов вместе с электроприемником, что приводит к малому годовому времени их использования и к существенному повышению приведенных затрат на генерирование реактивной мощности;
  + снижение надежности работы электроприемника, т.к. даже при встроенной защите конденсаторов возможны случайные повреждения на зажимах и в проводке конденсаторов, приводящие к отключению электроприемника.

По этим причинам индивидуальная компенсация реактивной мощности применяется при длительной работе электроприемников с достаточно низким коэффициентом мощности и при большом снижении потерь электроэнергии в питающей линии и преобразователях. Типичными примерами являются светильники с разрядными лампами и индукционные электротермические установки. В асинхронном электроприводе, отличающемся обычно малым коэффициентом использования, индивидуальная компенсация встречается редко.

В случае мощных электроприемников установки индивидуальной компенсации снабжают коммутационной и защитной аппаратурой, разрядными устройствами и автоматическим регулированием.

Выбор устройств индивидуальной компенсации производят на основании технико-экономического сравнения с групповой или центральной компенсацией.

б) *групповая* – подключении КБ или других компенсирующих устройств к групповым щиткам или другим сетевым узлам, удаленным от источников питания сети линиями, в которых благодаря такой компенсации существенно снижаются потери электроэнергии (рисунок 2).



1 – линия питания сетевого узла;

2 – линии, отходящие к электроприемникам или их группам;

3 – коммутационная аппаратура;

4 – конденсаторная батарея;

5 – устройство автоматического регулирования

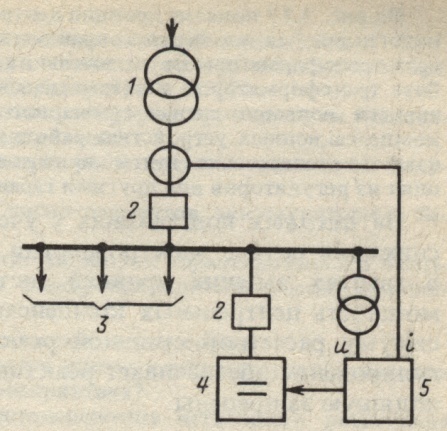
(может и отсутствовать).

Рисунок 2 – Схема групповой компенсации реактивной мощности

При малой мощности или при незначительной неравномерности графика потребляемой реактивной мощности групповое компенсирующее устройство может быть нерегулируемым, и его выбирают во избежание перекомпенсации по минимуму графика реактивной мощности. Однако примерно с мощности 50 квар при существенных суточных колебаниях потребляемой реактивной мощности может оказаться экономически выгодным автоматическое регулирование (пунктирная часть на рисунке 2); в таком случае номинальную мощность устройства выбирают по максимуму расчетного суточного графика реактивной мощности.

Эффективность применения установок групповой компенсации определяют путем технико-экономического сравнения с центральной компенсацией.

в) *центральная* – подключение крупных КБ или других компенсирующих установок к шинам низшего напряжения цеховых или главных понизительных подстанций (рисунок 3).



1 – понижающий трансформатор;

2 – коммутационная аппаратура;

3 – отходящие линии;

4 – КБ или другое устройство компенсации;

5 – устройство автоматического регулирования.

Рисунок 3 – Схема центральной компенсации реактивной мощности

Коэффициент использования таких установок выше, чем у групповых установок компенсации, а удельная стоимость благодаря укрупнению установок меньше. Кроме того, облегчается эксплуатация компенсационных установок и повышается их надежность. Все это, несмотря на расходы, связанные с передачей реактивной мощности по питаемой сети, снижает суммарные приведенные затраты. Поэтому в сетях с относительно короткими линиями и малыми потерями мощности в них основным способом компенсации реактивной мощности стала именно центральная компенсация.

При достаточно равномерном графике реактивной нагрузки устройства центральной компенсации не требуют автоматического регулирования; чаще, однако, графики нагрузки настолько неравномерны, что автоматическое регулирование становится неизбежным. Часть КБ, соответствующая минимуму реактивной нагрузки, остается постоянно подключенной.

1. номинальное напряжение

где – номинальное напряжение конденсаторной установки, кВ;

- номинальное напряжение электрической сети внутреннего электроснабжения, кВ.

1. номинальную мощность
2. климатическое исполнение

ХЛ – холодный климат;

Т – тропический климат.

1. степень защиты установки от воздействий окружающей среды (категория размещения).

Мощность компенсирующих устройств выбирается с учетом требований энергоснабжающей организации (энергосистемы). Энергосистема может регламентировать потребление реактивной мощности по двум вариантам:

*вариант 1:* устанавливается рекомендуемый коэффициент мощности на шинах ВН подстанции (tg ϕрек.).

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств Qку, квар, определяется по формуле:

Qку ≈ Рр (tg ϕфакт – tg ϕрек),

где Рр – расчетная активная мощность предприятия, кВт;

tg ϕфакт – фактический коэффициент мощности на шинах ВН до установки компенсирующих устройств;

tg ϕрек – рекомендуемый энергосистемой коэффициент мощности.

Рекомендуемый средневзвешенный коэффициент мощности для выбора мощности компенсирующих устройств tgφрек≤0,33.

*вариант 2:* наибольшая реактивная мощность Qсист., которая может быть передана из энергосистемы в режиме ее наибольших активных нагрузок в сети предприятия.

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств Qку, квар, определяется по формуле:

Qку ≈ Qр – Qсист.,

где Qр – расчетная реактивная мощность предприятия, квар;

Qсист. – наибольшая реактивная мощность, передаваемая из энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок в сети предприятия, квар.

Номинальное напряжение компенсирующих устройств определяется по условию:

где – номинальное напряжение конденсаторной установки, кВ;

- номинальное напряжение электрической сети внутреннего электроснабжения, кВ.

Стандартная мощность одного компенсирующего устройства подключаемого на шину распределительного устройства , квар, определяется по формуле:

где – количество сборных шин распределительного устройства, шт.

Общая стандартная мощность компенсирующих устройств, подключаемых к шинам распределительного устройства, , квар, определяется по формуле:

Средняя реактивная мощность, передаваемая по сети внутреннего электроснабжения после подключения компенсирующего устройства, , квар, определяется по формуле:

С целью проверки правильности выбора мощности компенсирующих устройств рассчитывается коэффициент мощности tg ϕфакт.ку по формуле

При правильном выборе компенсирующих устройств выполняется условие:

Стандартное значение соответствующее условию проверки указывается в строке «Компенсация реактивной мощности» графах 8 и 12 таблицы 1 со знаком минус.

Электрические нагрузки цеха с учетом компенсации реактивной мощности рассчитываются в строке «Всего по цеху» графы 2÷14 таблицы 1 в следующем порядке:

1. Общее количество электроприемников цеха  (графа 2 строки «Всего по цеху» таблицы 1) принимается равным количеству электроприемников графы 2 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.
2. В графе 3 строки «Всего по цеху» таблицы 1 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников (силовых электроприемников и сторонних потребителей), питающихся от шин цеховой трансформаторной подстанции (графа 3 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1).
3. Общая номинальная (установленная) мощность в графе 4 строки «Всего по цеху» таблицы 1 принимается равной общей номинальной (установленной) мощности графы 4 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.
4. Средняя активная мощность в графе 7 строки «Всего по цеху» таблицы 14 принимается равной средней активной мощности  графы 7 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1.
5. Средневзвешенный коэффициент использования оборудования по всему цеху  определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 5 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Средняя реактивная мощность, передаваемая по сети внутреннего электроснабжения после подключения компенсирующего устройства, , квар, определяется по формуле:

где – средняя реактивная мощность (графа 8 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 1), квар.

Результаты расчета записываются в графу 8 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. С целью проверки правильности выбора мощности компенсирующих устройств рассчитывается коэффициент мощности tg ϕфакт.ку по формуле
2. При правильном выборе компенсирующих устройств выполняется условие:
3. Коэффициент мощности  определяется по таблице 11 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» с учетом значения коэффициента мощности  и указывается в графе 6 строки «Всего по цеху» таблицы 1.
4. Эффективное число электроприемников по цеху ,шт, определяется по формуле:



где  – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника цеха или стороннего потребителя (из графы 3 строки «Всего по цеху» таблицы 1), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . Результат заносится в графу 9 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Коэффициент расчетной нагрузки  определяется по таблице 7 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение» с учетом значения средневзвешенного коэффициента использования  (п.5 данного расчета) и эффективного числа электроприемников  (п.10 данного расчета).

Результаты расчета записываются в графу 10 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Расчетная активная мощность цеха с учетом сторонних потребителей , кВт, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Расчетная реактивная мощность цеха Qр.в.ц., квар, определяется по формуле:

.

Результаты расчета записываются в графу 12 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Полная расчетная мощность цеха , кВА, определяется по формуле:



Результаты расчета записываются в графу 13 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

1. Расчетный ток цеха , А, определяется по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

Результаты расчета записываются в графу 11 строки «Всего по цеху» таблицы 1.

**3.2.5 Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции**

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов имеет существенное значение для рационального построения электрических сетей внутреннего электроснабжения. Число трансформаторов, как и число питающих линий, определяется в зависимости от категорий потребителей.

Наиболее просты и дешевы однотрансформаторные подстанции. При наличии складского резерва или связей на вторичном напряжении эти подстанции обеспечивают надежное электроснабжение потребителей II и III категорий.

Если основную часть нагрузки составляют потребители I и II категорий, то применяют двухтрансформаторные подстанции.

Трехтрансформаторные подстанции устанавливают при большой сосредоточенности нагрузки или при раздельном питании силовой и осветительной нагрузки.

В цехах предприятий обычно устанавливаются комплектные трансформаторные подстанции (КТП).

Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки напряжением до 10 кВ комплектуются силовыми трансформаторами типа ТМЗ, ТМФ, ТНЗ и ТСЗ.

Номинальная мощность силовых трансформаторов 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВА. Трансформаторы мощностью 1600 и 2500 кВА более целесообразно применять при плотности нагрузки 0,2 – 0,3 кВА/м2 и суммарной нагрузке более 3000 – 4000 кВА. При удельной плотности и суммарной нагрузке ниже указанных значений наиболее экономичны трансформаторы мощностью 400, 630 и 1000 кВА.

Число типоразмеров трансформаторов на одном объекте проектирования должно быть минимальным.

На двухтрансформаторных подстанциях следует стремиться применять однотипные трансформаторы одинаковой мощности для упрощения замены в случае выхода одного трансформатора из строя, а также для сокращения номенклатуры складского резерва.

Для включения трансформаторов на параллельную работу необходимо обеспечить соблюдение следующих условий:

1. тождественность схем и групп соединения обмоток;
2. равенство коэффициентов трансформации;
3. равенство напряжений КЗ.

При наличии графика нагрузки мощность трансформатора выбирается по его перегрузочной способности. Для этого по графику нагрузки определяются продолжительность максимума нагрузки t и коэффициент заполнения графика Кз.г. По значениям t и Кз.г. по кривым кратностей допустимых перегрузок силовых трансформаторов определяется коэффициент допустимой перегрузки Кд.п..

Номинальная мощность трансформатора определяется по формуле:

,

где Sм – максимальная мощность трансформатора, кВА.

По полученному значению Sном принимается ближайшая стандартная мощность трансформатора Sн.т.

При проектировании подстанций, для которых график нагрузки неизвестен, мощность трансформаторов принимается по расчетной нагрузке с учетом рекомендуемых коэффициентов загрузки трансформаторов (таблица 2).

Фактический коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме определяется по формуле:

,

и не должен превышать рекомендуемых коэффициентов загрузки приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – **Рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях**

|  |  |
| --- | --- |
| Характер нагрузки и вид трансформаторной подстанции | Коэффициенты  загрузки  трансформаторов  Кз |
| При преобладании нагрузок I категории на двухтрансформаторных подстанциях | 0,65 – 0,7 |
| При преобладании нагрузки II категории на однотрансформаторных подстанциях и взаимном резервировании трансформаторов по связям вторичного напряжения | 0,70 – 0,80 |
| При преобладании нагрузок II категории и при наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузке III категории | 0,90 –0,95 |
| На ступенях высшего напряжения СЭС мощных промышленных предприятий (на ГПП, УПР, крупных ПГВ) | 0,50 – 0,55 |

Для сухих трансформаторов общего назначения (в том числе с литой изоляцией), предназначенных для комплектных трансформаторных подстанций, допускается аварийная перегрузка на 30% сверх номинального тока не более чем на 3 часа в сутки, если длительная предварительная нагрузка составляет не более 70% номинального тока трансформатора.

Для масляных трансформаторов с постоянной системой охлаждения допускается аварийная перегрузка на 40% сверх номинального тока в течение 6 суток по 5 часов каждые сутки, если предварительно он был загружен не более чем на 80% номинального тока трансформатора.

Фактический коэффициент загрузки в аварийном режиме рассчитывается по формуле:

.

С учетом указанных допустимых перегрузок коэффициент загрузки в аварийном режиме должен быть:

* для сухих трансформаторов - 
* для масляных трансформаторов - 

По результатам выбора числа и мощности трансформаторов необходимо в пояснительной записке курсового проекта указать количество выбранных трансформаторов, их стандартную маркировку, фактические коэффициенты загрузки в нормальном и аварийном режиме, а также решить вопрос об ограничении питания электроприемников в аварийном режиме.

**3.2.6 Определение центра электрических нагрузок**

Оптимальное размещение подстанции на территории цеха является одним из важных вопросов построения системы электроснабжения.

Для определения местоположения подстанции находится центр электрических нагрузок (ЦЭН) цеха, который является символическим центром потребления электрической нагрузки. Расположение подстанции в ЦЭН позволяет приблизить высокое напряжение к центру потребления электрической энергии и обеспечить минимальную протяженность внутрицеховых электрических сетей, минимальный расход проводникового материала и потери электрической энергии.

При проектировании СЭС на плане цеха указываются все электроприемники. Расположение электроприемников определяется технологическим процессом. Для определения ЦЭН применяется следующий математический метод.

Территория цеха принимается за плоскость, на которой расположены электроприемники, каждый из которых имеет свою среднюю активную мощность Рсi и свои координаты xi и yi на плане цеха. Тогда координаты ЦЭН цеха можно определить по следующим формулам:

, .

Если здание цеха многоэтажное, то для определения ЦЭН вводится третья координата:

.

Данный метод нахождения ЦЭН определяет его как некоторый условный центр, так как в реальных условиях центр не находится на одном месте. Это объясняется следующими причинами, вызывающими смещение ЦЭН:

* изменение во времени потребляемой мощности отдельными электроприемниками;
* изменение технологического процесса производства;
* внедрение новых производственных процессов;
* изменение удельного расхода электроэнергии на единицу продукции;
* развитием цеха и т.д.

С целью упрощения промежуточных расчетов центра электрических нагрузок рекомендуется заносить исходные и промежуточные данные в таблицу 3.

Таблица 3 – **Определение центра электрических нагрузок цеха**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  электроприемника  по плану | Средняя активная мощность  электроприемника  Pc , кВт | Координаты точки  подключения питания  электроприемника | | Pc ∙ X,  кВт∙мм | Pc ∙ Y,  кВт∙мм |
| X,  мм | Y,  мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

В пояснительной записке курсового проекта и на листе 1 графической части необходимо указать результаты расчета координат центра электрических нагрузок.

**3.2.7 Выбор местоположения трансформаторной подстанции**

**(вводно-распределительного устройства)**

При определении местоположения трансформаторной подстанции (вводно-распре-делительного устройства) учитываются следующие факторы:

1. координаты центра электрических нагрузок;
2. технологический процесс цеха;
3. координаты источника питания (ГПП, ЦРП, РП);
4. характер окружающей среды цеха.

Трансформаторные подстанции, если позволяет технологическое оборудование, следует размещать как можно ближе к ЦЭН, либо вдоль или в середине длинной стены здания со стороны источника питания (ГПП, ЦРП, РП)

По месту расположения на территории объекта различают следующие подстанции:

1. отдельно стоящие на расстоянии от зданий

применяются для питания от одной подстанции нескольких цехов, при невозможности размещения подстанций внутри цехов или у наружных их стен по соображениям производственного или архитектурного характера при наличии в цехах пожароопасных или взрывоопасных производств;

1. пристроенные, непосредственно примыкающие к основному зданию снаружи

располагаются вдоль одной из длинных сторон цеха, желательно ближайшей к источнику питания, или же при небольшой ширине цеха в шахматном порядке вдоль его двух сторон;

1. встроенные, находящиеся в отдельных помещениях внутри здания, но с выкаткой трансформаторов наружу

(см. пристроенные подстанции)

1. внутрицеховые, расположенные внутри производственных зданий с размещением электрооборудования непосредственно в производственном или отдельном закрытом помещении с выкаткой электрооборудования в цех

Место для расположения внутрицеховых КТП выбирают в межколонных зонах, в мертвых пространствах подъемно-транспортных устройств, в свободных зонах между технологическими установками, в специальных электротехнических пролетах технологических корпусов, на вспомогательных галереях и в других не занятых технологическим оборудованием или транспортными путями зонах.

Минимальное расстояние между соседними камерами разных внутрицеховых КТП допускается 10 м.

Внутрицеховые подстанции могут размещаться только в здании с первой и второй категорией огнестойкости и с производствами, отнесенными к категориям Г и Д согласно противопожарным нормам.

Число масляных трансформаторов на внутрицеховых подстанциях не должно быть более трех. Эти ограничения не распространяются на трансформаторы сухие или заполненные негорючей жидкостью.

**3.2.8 Выбор защитной и коммутационной аппаратуры**

Провода и кабели, выбранные по номинальному или максимальному току, в нормальном режиме могут испытывать нагрузки значительно превышающие допустимые из-за перегрузок электроприемников, а также при однофазных и междуфазных коротких замыкания, поэтому как электроприемники, так и участки сети должны защищаться защитными аппаратами: плавкими предохранителями, автоматическими выключателями, магнитными пускателями.

Главные функции аппаратуры управления и защиты:

1. включение и отключение электроприемников и электрических цепей;
2. электрическая защита их от перегрузки, коротких замыканий, понижения напряжения или самозапуска;
3. регулирование числа оборотов электродвигателей;
4. реверсирование двигателей;
5. электрическое торможение.

Аппарат может быть предназначен для выполнения как одной, так и нескольких функций, что определяет его конструкцию и схему соединения. Аппаратура может срабатывать в результате воздействия на неё оператора, под влиянием физических процессов в электрической цепи.

Любую защиту электроприемника или участка цепи характеризуют следующими показателями:

1. ***избирательность (селективность) действия –*** свойство защиты отключать только поврежденный элемент системы и сохранять в работе в работе остальные, неповрежденные элементы системы;
2. ***время срабатывания*** – время с момента возникновения повреждения до совершения следующих процессов: плавления плавкого элемента предохранителя, размыкания контактов автоматического выключателя;
3. ***зона действия*** – элемент или совокупность элементов системы электроснабжения, на повреждения или на нарушение режима работы которых защита должна реагировать.

Различают две зоны действия защиты:

*основная –* содержит элементы, при повреждении которых аппараты защиты зоны срабатывают в первую очередь;

*резервирования –* содержит аппараты защиты, которые должны срабатывать в случае отказа в срабатывании аппаратов основной зоны.

1. ***надежность действия –*** срабатывание защиты во всех необходимых случаях, отсутствие отказов в срабатывании и ложных срабатываний.

**Внимание!**

При выборе параметров защитных аппаратов следует учитывать, что аппарат, выбранный для защиты электроприемника, должен также защищать и провода (кабели), питающие этот электроприемник.

Перед выбором защитных и коммутационных аппаратов необходимо для защищаемого участка (элемента) определить:

1. номинальное напряжение;
2. номинальный ток:

* для большинства трехфазных электроприемников

,

где Рном – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

Uном – номинальное линейное напряжение сети, кВ;

 – номинальный коэффициент полезного действия;

– номинальный коэффициент мощности.

Значения Рном,  и  должны быть приняты по каталогу (паспорту) электроприемника.

* для многодвигательного электропривода номинальный ток принимается с учетом  и  наиболее мощного электроприемника такого привода

,

где  – сумма номинальных мощностей электроприемников многодвигательного привода, кВт;

* для трехфазной электрической печи

;

* для трехфазной выпрямительной установки

;

* для однофазных электроприемников, подключенных на фазное напряжение

,

где Рф – активная мощность однофазного электроприемника, кВт;

Uном.ф – номинальное фазное напряжение сети, кВ.

* для сетей постоянного тока и однофазного тока с активной нагрузкой (например, группы осветительных электроприемников с лампами накаливания)

,

где Рф.о. – активная мощность одного или группы осветительных электроприемников, присоединенных на фазное напряжение, кВт.

* для трехфазной осветительной сети с лампами накаливания

,

где Ро – суммарная активная трехфазная мощность нагрузки осветительной сети, все электроприемники которой присоединяются на фазное напряжение, кВт.

*Основная функция плавких предохранителей*: защита электрических сетей от токов короткого замыкания.

Тип предохранителя определяется по серии низковольтного распределительного устройства, в котором предполагается установка этого предохранителя.

Технические данные предохранителей представлены в таблице 61 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Технические характеристики предохранителей напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. *по номинальному напряжению*



1. *по номинальному току плавкой вставки*

* по длительному максимальному току линии



* по длительному максимальному току линии



* по пусковому (пиковому) току

.

***Примечание:*** коэффициент 1,6 принимается для двигателей с тяжелым пуском,

коэффициент 2,5 принимается для двигателей с легким пуском.

1. *по номинальному току предохранителя*



Результаты выбора предохранителей в пояснительной записке должны быть представлены в виде таблицы 4.

*Основные функции автоматических выключателей:* защита электрических сетей от токов перегрузки и короткого замыкания.

Тип автоматического выключателя определяется по серии низковольтного распределительного устройства, в котором предполагается установка этого автоматического выключателя.

Технические данные автоматических выключателей представлены в таблицах 62, 63, 64 и 65 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Технические характеристики автоматических выключателей напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. *по номинальному напряжению*



1. *по номинальному току теплового расцепителя*

,

где Кт.р. – коэффициент теплового расцепителя.

* для нерегулируемого теплового расцепителя - 1,15
* для регулируемого теплового расцепителя - 1,25
* для электроприемника без пусковых токов - 1,0
* для группы электроприемников - 1,1

1. *по номинальному току электромагнитного расцепителя*

* для одиночного электроприемника



* для группы электроприемников



1. *по номинальному току автоматического выключателя*

,

где Iр – расчетный ток линии, А.

Расчетный ток определяется в зависимости от числа электроприемников, получающих питание по линии.

* для одиночного электроприемника

,

* для группы электроприемников



Результаты выбора автоматических выключателей в пояснительной записке должны быть представлены в виде таблицы 5.

***Примечание:***

1. для одного электроприемника в курсовом проекте может быть выбран только один аппарат защиты;
2. если на плане электроснабжения указаны разные типы низковольтных распределительных устройств, то возможно и использование разных типов аппаратов защиты.

**3.2.9 Выбор марок и сечений проводников электрической сети**

При протекании тока по проводнику проводник нагревается и его температура повышается. Количество выделяемой при этом тепловой энергии определяется по закону Джоуля-Ленца:

Q = I2 R t,

где I – действующее значение тока протекающего по проводнику, А;

R – активное сопротивление проводника, Ом;

t – время протекания тока, с.

Нарастание температуры проводника будет продолжаться до тех пор, пока количество теплоты, получаемое проводником в единицу времени, не станет равным количеству теплоты отдаваемому проводником за тот же промежуток времени в окружающую среду. В момент наступления равновесия между теплотой, выделяемой током в проводнике, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду, рост температуры в проводнике прекратится. Чрезмерно высокая температура проводов и кабелей приводит к преждевременному износу их изоляции, ухудшению контактных соединений и пожарной опасности.

ПУЭ устанавливают в зависимости от марки провода и кабелей, а также материала их изоляции длительно предельно допустимые температуры, при которых обеспечивается их надежная работа.

Допустимые температуры нагрева проводников представлены в таблице 20 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

**Предельно допустимый ток по нагреву –** максимальное значение длительно протекающего тока, при котором температура провода или кабеля станет предельно допустимой.

Значение предельно допустимого тока зависит от:

1. материала проводника;
2. сечения проводника;
3. температуры окружающей среды;

Таблица 4 – Результаты выбора предохранителей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Узел питания | Электроприемник | | | | | Предохранитель | | |
| №  по плану | Номинальная  мощность  Рном, кВт | Номинальный ток  Iном, А | Пусковой ток  Iпуск, А | Коэффициент  α | Тип | Номинальный ток  Iном.ав, А | Ток плавкой вставки  Iном.вст., А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| КТП | РП- |  |  |  |  |  |  |  |
| РП- | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | МР- |  |  |  |  |  |  |  |
| МР- | 8 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | ТР- |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 5 – Результаты выбора автоматических выключателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Узел  питания | Электроприемник | | | | | Автоматический выключатель | | | |
| №  по плану | Номинальная  мощность  Рном, кВт | Номинальный ток  Iном, А | Пусковой ток  Iпуск, А | Коэффициент  α | Тип | Номинальный ток  Iном.ав, А | Ток  теплового  расцепителя  Iтр, А | Ток уставки  электромагнитного  расцепителя  Iу.э.р., А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| КТП | РП- |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РП- | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | МР- |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МР- | 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | ТР- |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. материала изоляции;
2. способа прокладки.

ПУЭ устанавливает следующие расчетные температуры окружающей среды:

**25 оС** - для неизолированных и изолированных проводов и кабелей внутри и вне помещений;

**15 оС** - для кабелей, прокладываемых в земле на глубине 0,7 – 1 м.

Если фактическая температура окружающей среды отличается от средней расчетной температуры, то при выборе сечения кабеля необходимо учесть поправочный температурный коэффициент.

Выбор сечения проводника по нагреву длительным током нагрузки сводится к сравнению расчетного тока с допустимым табличным значением для принятых марок провода или кабеля и условий их прокладки.

Если линия выбирается для одного электроприемника, то I р = Iном.

Номинальный ток Iном для трехфазной четырехпроводной и трехпроводной сети определяется по формуле:

,

где Рном – номинальная мощность электроприемника, кВт;

Uном – номинальное напряжение электроприемника, В;

cos ϕ - коэффициент мощности электроприемника.

Номинальный ток одиночного асинхронного двигателя определяется по формуле:

,

где ηном – номинальный коэффициент полезного действия двигателя.

При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников проводники линий находятся в лучших условиях охлаждения по сравнению с проводниками линий с длительным режимом работы электроприемников. Поэтому при равных токовых нагрузках сечение проводников линии может быть уменьшено по сравнению с линией, к которой подключены электроприемники с длительным режимом работы. Для выбора и проверки сечения проводников по нагреву в качестве расчетной токовой нагрузки принимают нагрузку, приведенную к длительному режиму и определяемую по формуле:

,

где ПВ – относительная продолжительность включения электроприемника.

2. Если линия выбирается для нескольких электроприемников, то Iр = ΣIном.

При выборе должно выполняться условие:

I р ≤ I д.д..

При отклонении температуры окружающей среды от нормируемой определяется новое значение допустимого тока нагрузки с поправкой на температуру:

I ′д.д. = к т I д.д. ,

где к т – поправочный температурный коэффициент.

*Порядок выбора сечения проводников по нагреву:*

1. Номинальный ток электроприемника рассчитать по паспортным данным:

* номинальному напряжению Uном;
* номинальной мощности Рном;
* коэффициенту полезного действия η;
* коэффициенту мощности cos ϕ.

1. Расчетный ток проводника Iр определить с учетом номинального тока электроприемника и схемы его подключения.
2. Марку проводника выбрать в зависимости от условий прокладки в соответствии с ПУЭ.
3. Длительно допустимую температуру нагрева проводников tжил определить по таблице 20 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
4. Расчетную температуру окружающей среды tрасч. определить в соответствии с выбранным способом прокладки проводника и рекомендаций ПУЭ.
5. Фактическую температуру окружающей среды tфакт. определить по варианту индивидуального задания на курсовое проектирование.
6. Поправочный температурный коэффициент при отклонении фактической температуры окружающей среды от расчетной кт определить по таблице 48 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
7. Допустимый длительный ток Iд.д. при расчетной температуре определить по таблицам 32 – 39 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» согласно условию



1. Допустимый длительный ток I′д.д.  при фактической температуре определить по формуле



1. Проверить выполнение условия

Iр < I′д.д.

1. Записать маркировку выбранного проводника.

Структура записи: количество кабелей (проводов) линии, буквенное обозначение марки кабеля (провода), количество жил кабеля (провода), сечение жилы.

1. Сечения проводов и кабелей, выбранных по нагреву, должны проверяться в соответствии с требованиями ПУЭ на соответствие выбранному аппарату защиты по условию

I′д.д.≥кзIз.а.

где кз – коэффициент защиты, характеризующий кратность допустимого длительного тока провода (кабеля) I′д.д., по отношению к номинальному току срабатывания защитного аппарата Iз.а.

Значения кз определяются по таблице 70 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» в зависимости от принятого вида защиты, требований к ней, характера сети, изоляции проводов или кабелей и условий их прокладки.

Токами срабатывания защитного аппарата для выбора сечения проводов и кабелей принимаются:

а) для предохранителей – ток плавкой вставки;

б) для автоматических выключателей – наименьший ток расцепителей автоматического выключателя.

Представить результаты расчетов в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор сечения проводников

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Узел питания | Электроприемник | | | Кабель (провод) | | | | | | | | Защитный и  коммутационный аппарат | |
| №  по плану | Номинальная  мощность  Рном, кВт | Номинальный ток Iном, А | Фактическая  температура среды, 0С | Расчетная  температура среды, 0С | Допустимая  температура нагрева жил, 0С | Марка | число кабелей, жил и сечение | Допустимый длительный ток при расчетной температуре | Допустимый длительный ток при фактической температуре | Потери напряжения, % | Тип | Ток срабатывания  аппарата, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| КТП | РП- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РП- | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | МР- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| МР- | 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | ТР- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Выбранные по допустимому длительному току и согласованные с током зашитных аппаратов сечения проводников внутрицеховых электрических сетей должны быть проверены на потерю напряжения по формуле

,

где Р – активная мощность передаваемая по линии, кВ;

l – длина линии, м;

F – сечение проводника, мм2;

С – коэффициент определяемый уровнем напряжения и системой сети, родом тока и материалом жил провода или кабеля (принимается по таблице 54 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»).

Сечение провода (кабеля) считается соответствующим требованиям к потери напряжения, если результат расчета не превышает 5% номинального напряжения сети.

Для определения длин проводов и кабелей необходимо определить длины всех участков электрической сети и представить результаты в таблице 7.

Таблица 7 – Результат выбора длины кабелей и труб

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Узел  питания | Номер  электроприёмника по плану | Длина кабеля по  плану, Lпл, мм | Высота установки | | Длина кабеля Lк, мм | Длина трубы Lтр, мм | Характеристика трубы (материал, диаметр, толщина стенки) |
| узла  питания, мм | электроприёмника, мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| КТП | РП- |  |  |  |  |  |  |
| РП- | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | МР- |  |  |  |  |  |  |
| МР- | 8 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| КТП | ТР- |  |  |  |  |  |  |

Расчет длины трубы и кабеля (провода) при навесном исполнении низковольтного распределительного шкафа выполняется на основании рисунка 1.

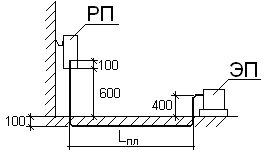


Рисунок 1 - Определение длины кабеля распределительной сети цеха

Длина трубы Lтр ,мм, определяется по формуле

Lтр=100+600+100+Lпл+100+400=1300+Lпл

где Lпл- длина трубы по плану ,мм.

При установке низковольтного распределительного шкафа напольного исполнения длина трубы Lтр ,мм, определяется по формуле

Lтр=100+100+100+Lпл+100+400=800+Lпл

При установке распределительного шинопровода длина трубы Lтр ,мм, определяется по формуле

Lтр=100+2500+100+Lпл+100+400=3100+Lпл

Длина кабеля распределительной сети Lк ,мм, определяется по формуле

Lк = 1,1 ∙ Lтр

Длина кабеля от трансформаторной подстанции (цехового вводно- распределительного устройства) до низковольтного распределительного шкафа выполняется на основании рисунка 2.

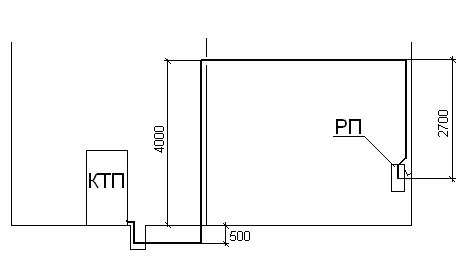


Рисунок 2 – Определение длины кабеля питающей сети цеха

Длина кабеля от цеховой трансформаторной подстанции до низковольтного распределительного шкафа навесного исполнения определяется по формуле

Lкаб =1,1 ∙ (500+500+4000+Lпл+2700)

Длина кабеля от цеховой трансформаторной подстанции до низковольтного распределительного шкафа напольного исполнения определяется по формуле

Lкаб =1,1 ∙ (500+500+4000+Lпл+3200)

Длина кабеля от цеховой трансформаторной подстанции до распределительного шинопровода определяется по формуле

Lкаб =1,1 ∙ (500+500+4000+Lпл+1500)

Длина кабеля от цеховой трансформаторной подстанции до троллейного шинопровода определяется по формуле

Lкаб =1,1 ∙ (500+500+4000+Lпл+4000)

Результаты выбора сечения проводников по нагреву, проверке на соответствие выбранному аппарату защиты и расчету по потери напряжения должны быть представлены в пояснительной записке в виде таблицы 7 и листах 1 и 2 графической части курсового проекта.

**3.2.10 Выбор низковольтных распределительных устройств**

Жесткий токопровод напряжением до 1кВ заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называется *шинопроводом.* Шинопроводы различных серий и типов комплектуются из отдельных секций различной конфигурации и назначения.

**Магистральные шинопроводы переменного тока** предназначены для выполнения в производственных помещениях магистральных электрических линий в системах с глухозаземленной нейтралью напряжением до 660 В, частотой 50-60 Гц. Номинальные токи шинопроводов 1600, 2500 и 4000А. К шинопроводу могут быть подключены распределительные шинопроводы и пункты, отдельные крупные электроприемники.

Магистральные шинопроводы прокладываются на вертикальных стойках. В качестве опорных конструкций применяют также кронштейны и тросовые подвески.

**Распределительные шинопроводы** предназначены для передачи и распределения электроэнергии напряжением 380/220 В при возможности непосредственного присоединения к ним электроприемников в системах с глухозаземленной нейтралью. Номинальные токи шинопроводов от 100 до 630 А.

Распределительные шинопроводы прокладываются на вертикальных стойках высотой 2,5 м. В качестве опорных конструкций могут применяться кронштейны и подвесы.

**Троллейные шинопроводы** предназначены для выполнения в производственных помещениях (только в цехах, не содержащих токопроводящую пыль, и где имеется опасность повреждения открыто проложенных троллеев или прикосновения к ним) троллейных линий в сетях трехфазного переменного тока напряжением 660 В, частотой 50-60 Гц. Номинальные токи шинопроводов 100, 250 и 400 А. Шинопроводы применяются для питания мостовых кранов, электроталей, кран-балок, передаточных тележек и др. Подключение электрифицированных инструментов недопустимо.

Троллейные шинопроводы прокладываются на высоте 7-15 метров вдоль стены или подкрановой балки.

Шинопроводы выбираются по следующим условиям:

1. *по номинальному напряжению*



1. *по номинальному току*

,

где Iр.ф. – расчетный ток форсированного (послеаварийного) режима;

Iр.max – рабочий максимальный ток.

Для распределения электроэнергии и защиты электрических сетей от токов короткого замыкания применяют **распределительные шкафы (пункты)** с плавкими предохранителями или автоматическими выключателями.

Выбор распределительных шкафов (пунктов) производят как по конструктивным особенностям, учитывающим условия окружающей среды и место расположения (установка на полу, на стене, утопленное) и т.п., а также по электрическим параметрам: напряжению, количеству и току отходящих линий.

Выбирая тип шкафа (пункта) необходимо помнить, что данный шкаф (пункт) комплектуется вполне определенными коммутационными и защитными аппаратами, которые не могут быть заменены на другие. Желательно, чтобы в выбранном шкафу (пункте) имелись не используемые 1-2 резервные линии.

Шкафы распределительные силовые ШРС1, ШРС1-С предназначены для приема и распределения электрической энергии в промышленных установках. Шкафы рассчитаны на номинальные токи до 400 А и номинальное напряжение до 380 В в сетях с глухозаземленной нейтралью трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и с защитой отходящих линий предохранителями ПН2 и НПН2.

Ввод и вывод проводов и кабелей предусмотрены снизу и сверху шкафа.

Наибольшее число и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму:

* для шкафов на номинальный ток 250 А – 2 × 95 мм2;
* для шкафов на номинальный ток 400 А – 2 × 150 мм2.

Техническая характеристика шкафов приведена в таблице 70 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Шкафы распределительные серии ПР11 предназначены для распределения электрической энергии, защиты электрических установок напряжением до 600 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц при перегрузках и коротких замыканиях, для нечастых включений и отключений электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Шкафы комплектуются: вводными выключателями серии А3700 нетокоограничивающими и токоограничивающими с электромагнитными и тепловыми расцепителями без дополнительных сборочных единиц или выключателями типа АЕ2060; выключателями на отходящих линиях серии АЕ2000 с тепловыми и электромагнитными расцепителями на номинальные токи от10 до 63 А – АЕ2040, от 16 до 100 А – АЕ2060 без дополнительных сборочных единиц.

Техническая характеристика шкафов приведена в таблице 73 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Шкафы распределительные серий ПР22, ПР22Д, ПР24, ПР24Д предназначены для распределения электрической энергии и защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях, для нечастых (до 6 включений в час) оперативных коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Распределительные шкафы серии ПР22 и ПР22Д предназначены для установки в электрических цепях напряжением до 440 В постоянного тока и до 660 В переменного тока 50 или 60 Гц, а серии ПР24 и ПР24Д – для установки в электрических цепях напряжением до 220 В постоянного тока и 380 В переменного тока частоты 50 Гц. Номинальный ток распределительных пунктов до 700 А.

Шкафы комплектуются вводными выключателями серии ВА51, фидерными выключателями серии А3700Б для шкафов ПР22 и ПР22Д; серии А3710Ф, А3720Ф для шкафов ПР24 и ПР24Д, а также по требованию вольтметром.

Техническая характеристика шкафов приведена в таблице 74 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Распределительные шкафы серий ПР8501 и ПР8701 предназначены для замены распределительных шкафов серий ПР11, ПР22, ПР24 и др. с автоматическими выключателями.

Шкафы серии ПР8501 предназначены для распределения электроэнергии напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, а шкафа серии ПР8701 – до 220 В постоянного тока и для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях.

По виду установки шкафы могут иметь исполнение:

* утопленные – для установки в нишах;
* навесные – для установки на стенах, колоннах и других конструкциях;
* напольные – для установки на полу.

Шкафы укомплектованы однополюсными линейными нетокоограничивающими выключателями ВА51-31-1 с расцепителями на токи от 6,3 до 100 А, трехполюсными нетокоограничивающими выключателями ВА51-35 с расцепителями на токи от 100 до 250 А.

Шкафы могут изготавливаться без выключателей ввода с вводными зажимами и с выключателями ввода типов:

* нетокоограничивающими с тепловым и электромагнитным расцепителями

ВА51-33, ВА51-35, ВА51-37, ВА51-39;

* селективными с полупроводниковыми расцепителями максимального тока

ВА55-37, ВА55-39;

* без расцепителей максимального тока

ВА56-37, ВА56-39.

Одновременная суммарная нагрузка выключателей отходящих линий не должна превышать номинальный рабочий ток шкафа.

Шкафы снабжены зажимами, которые обеспечивают втычное присоединение (без пайки и кабельных наконечников) медных или алюминиевых проводников.

Конструкция шкафов обеспечивает ввод и вывод проводов в трубах или кабелей через съемные верхние и нижние крышки.

Техническая характеристика шкафов приведена в таблицах 76 и 77 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Результаты выбора низковольтных распределительных шкафов должны быть представлены в таблицах 8 и (или) 9.

**3.2.11 Расчет токов короткого замыкания**

Для электроустановок характерны четыре режима работы:

а) нормальный;

б) аварийный;

в) послеаварийный;

г) ремонтный.

Электрооборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов и проверяется по параметрам кратковременных режимов, определяющим из которых является режим короткого замыкания (КЗ).

***Короткое замыкание*** *–* всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки между собой или землей, при котором токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

По режиму КЗ электрооборудование проверяется на электродинамическую и термическую стойкость, а коммутационные аппараты – также на коммутационную способность.

При проверке электрических аппаратов и жестких проводников вместе с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями на электродинамическую стойкость расчетным видом КЗ является трехфазное симметричное КЗ. При этом допускается не учитывать механические колебания шинных конструкций.

При проверке проводников и электрических аппаратов на термическую стойкость расчетным видом КЗ в общем случае является трехфазное симметричное КЗ.

При проверке электрических аппаратов на коммутационную способность расчетным видом КЗ может быть трехфазное или однофазное КЗ в зависимости от того, при каком виде КЗ ток КЗ имеет наибольшее значение. Если для выключателей задается разная коммутационная способность при трехфазных и однофазных КЗ, то проверку следует производить отдельно по каждому виду КЗ.

Учитывая дискретный характер изменения параметров электрооборудования, расчет токов КЗ для его проверки допускается производить приближенно, с принятием ряда допущений, при этом погрешность расчета токов КЗ не должна превышать 5 – 10%.

Расчет токов КЗ в системе электроснабжения промышленных предприятий производится упрощенным способом с рядом допущений:

а) трехфазная система является симметричной;

б) индуктивные сопротивления в процессе КЗ не изменяются;

Таблица 8 – Выбор распределительных шкафов с автоматическими выключателями

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение на плане | Технические данные для выбора шкафов | | | Технические данные выбранного силового шкафа | | | | | | | |
| расчетный ток шкафа  Iр, А | автоматические  выключатели | | серия | схема | номинальный ток Iн, А | автоматические выключатели | | | | исполнение шкафа |
| на отходящих  линиях | | на вводе | | на отходящих линиях | |
| тип | кол-во | тип | кол-во | тип | кол-во |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 9 – Выбор распределительных шкафов с предохранителями

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение  на плане | Технические данные для выбора шкафов | | | | | Технические данные выбранного силового шкафа | | | | | | |
| расчетный ток шкафа  Iр, А | аппарат на вводе шкафа | | предохранители на отходящих линиях | | тип | номинальный ток Iн, А | аппарат  на вводе шкафа | | предохранители  на отходящих  линиях | | исполнение шкафа |
| тип | кол-во | тип | кол-во | тип | кол-во | тип | кол-во |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

д) апериодическая составляющая тока КЗ не подсчитывается, т.к. длительность КЗ в удаленных точках превышает 0,15 с (апериодическая составляющая тока КЗ за это время затухает).

Для расчета токов КЗ составляется ***расчетная схема*** – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются:

а) все источники питания (генераторы, синхронные компенсаторы, энергосистемы);

б) трансформаторы;

в) воздушные и кабельные линии;

г) реакторы.

Если параметры генераторов, трансформаторов и других элементов в наиболее удаленной от точки КЗ части энергосистемы неизвестны, то эту часть системы допускается представлять на исходной расчетной схеме в виде одного источника энергии с неизменной по амплитуде ЭДС и результирующим эквивалентным индуктивным сопротивлением.

Электродвигатели, для которых расчетное КЗ является удаленным, в расчетную схему не вводятся.

Расчетные условия КЗ, т.е. наиболее тяжелые, но достаточно вероятные условия КЗ, формируются на основе опыта эксплуатации электроустановок, анализа отказов электрооборудования и последствий КЗ.

Расчетные условия КЗ определяются индивидуально для каждого элемента энергетической системы. Для однотипных по параметрам и схеме включения элементов допускается использовать аналогичные расчетные условия.

Ток КЗ для выбора токоведущих частей и аппаратов рассчитывается при нормальном режиме работы электроустановки: параллельное включение всех источников, параллельная или раздельная работа трансформаторов и линий. Параллельная или раздельная работа зависит от режима работы секционного выключателя на подстанциях: при отключенном секционном выключателе на двухтрансформаторной подстанции в расчете токов КЗ будет учтено сопротивление только одного трансформатора. Возможные ремонтные режимы: отключение генераторов, трансформаторов, линий в расчете токов КЗ не учитываются. Кратковременное включение трансформаторов на параллельную работу в процессе переключений на подстанции в расчете токов КЗ также не учитываются.

По расчетной схеме составляется ***схема замещения***, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчета токов КЗ.

Расчетная точка КЗ находится непосредственно с одной или с другой стороны от рассматриваемого элемента электроустановки в зависимости от того, когда для него создаются наиболее тяжелые условия в режиме КЗ. Случаи двойных коротких замыканий на землю допускается в общем случае не учитывать.

При проверке кабелей на термическую стойкость расчетной точкой КЗ является:

а) для одиночных кабелей одной строительной длины – точка КЗ в начале кабеля;

б) для одиночных кабелей со ступенчатым соединением по длине – точка КЗ в начале каждого участка нового сечения кабеля;

в) для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии – в начале каждого кабеля.

Генераторы, трансформаторы большой мощности, воздушные линии, реакторы обычно представляются в схеме замещения их индуктивными сопротивлениями, т.к. активные сопротивления во много раз меньше индуктивных.

Кабельные линии напряжением 6 – 10 кВ, трансформаторы мощностью 1600 кВА и менее в схеме замещения представляются индуктивными и активными сопротивлениями.

Все сопротивления подсчитываются в именованных единицах (Ом) или в относительных единицах. Способ подсчета сопротивлений на результаты расчета токов КЗ не влияет.

Для расчета сопротивлений задаются базовыми величинами:

а) базовым напряжением Uб;

б) базовой мощностью Sб.

За базовое напряжение принимают среднее номинальное напряжение той ступени, где происходит расчет токов КЗ (таблица 10).

За базовую мощность для удобства подсчетов принимают 100, 1000 МВА или мощность энергетической системы.

Таблица 10 – Номинальные и средние напряжения системы электроснабжения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номинальное  напряжение  Uном, кВ | Среднее  напряжение  Uср, кВ | Номинальное  напряжение  Uном, кВ | Среднее  напряжение  Uср, кВ |
| 0,22 | 0,23 | 10 | 10,5 |
| 0,38 | 0,4 | 35 | 37 |
| 0,66 | 0,69 | 110 | 115 |
| 6 | 6,3 | 220 | 230 |

Расчетные формулы для определения сопротивлений элементов схем электроустановок приведены в таблице 11. Пользуясь этой таблицей, следует обратить внимание на примечания.

Таблица 11 – Расчетные формулы для определения сопротивлений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент электроустановки  и исходные параметры | Расчетные формулы | |
| именованные единицы, Ом | относительные единицы |
| Генератор  хd% |  |  |
| Энергосистема  Iотк.ном, кА  Sк, Sном, МВА  х\*с.ном |  |  |
| Двухобмоточный трансформатор  Sном, МВА  Uк%,  Рк, кВт |  |  |
| с учетом активного сопротивления | |
|  |  |
| Трехфазный трансформатор  с расщепленной обмоткой НН  Sном, МВА  uк В-Н% |  |  |
| Реактор  хр, Ом |  |  |

Продолжение таблицы 11

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент электроустановки  и исходные параметры | Расчетные формулы | |
| именованные единицы, Ом | относительные единицы |
| Сдвоенный реактор  хр, Ом  kсв |  |  |
| Линия  х0, Ом/км  r0, Ом/км  l, км |  |  |

*Примечание*: Sб – базовая мощность, МВА;

Uб – базовое напряжение, кВ;

Uср – среднее напряжение в месте установки данного элемента, кВ.

Исходные параметры элементов схемы Uк%, Рк, х0, r0 определяются по справочным данным.

Преобразование схемы замещения позволяет определить результирующее сопротивление от источника до точки КЗ. Наиболее часто используют простейшие преобразования:

а) последовательное соединение двух или более сопротивлений;

б) параллельное соединение двух сопротивлений;

в) параллельное соединение трех и более сопротивлений;

г) преобразование треугольника в звезду;

д) преобразование звезды в треугольник.

Преобразования схемы выполняются в направлении от источника к точке КЗ.

При расчете сопротивлений в именованных единицах (Ом) ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где Uср – среднее напряжение той ступени, где находится точка КЗ, кВ;

хрез – результирующее индуктивное сопротивление от источника до точки КЗ, Ом.

Если необходимо учитывать активное сопротивление, то ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где zрез – полное результирующее сопротивление от источника до точки КЗ, Ом.

При расчете сопротивлений в относительных единицах ток трехфазного симметричного КЗ , кА, определяется по формуле:

 или ,

где Iб – базовый ток на ступени напряжения точки КЗ, кА.

.

Ударный ток симметричного трехфазного КЗ , кА, определяется по формуле:

,

где kу – ударный коэффициент тока КЗ (таблица 12).

Таблица 12 – Значения постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ и ударного коэффициента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место КЗ | Постоянная  времени  затухания  апериодической  составляющей  тока КЗ, Та, с | Ударный  коэффициент  kу |
| За блоком генератор-трансформатор при мощности  генератора, МВт:   * 60 * 100 – 200 * 300 | 0,15  0,26  0,32 | 1,935  1,965  1,977 |
| За воздушными линиями напряжением, кВ:   * 35 – 110 * 220 | 0,02  0,03 | 1,608  1,717 |
| За понижающим трансформатором мощностью, МВА:   * 80 * 32 – 63 * менее 32 | 0,06  0,05  0,045 | 1,85  1,82  1,8 |
| Распределительные сети 6 – 10 кВ | 0,01 | 1,369 |

**3.2.12 Расчёт и выбор питающей линии напряжением выше 1 кВ**

Выбор кабелей напряжением выше 1 кВ производится по следующим условиям:

а) по экономической плотности тока;

б) по нагреву рабочим током;

в) по термической стойкости при протекании тока КЗ;

г) по допустимому отклонению напряжения.

Сечения питающих линий напряжением выше 1 кВ должны выбираться по экономической плотности тока в нормальном режиме.

Расчетный ток линии напряжением выше 1 кВ в нормальном режиме в часы максимума энергосистемы , А, определяется по формуле:

,

где Sр – полная расчетная мощность, передаваемая по линии, кВА;

Uном – номинальное напряжение линии, кВ.

Продолжительность использования совмещенной максимальной нагрузки принимается по варианту индивидуального задания на курсовое проектирование.

По таблице 52 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» выбирается нормированное значение экономической плотности тока для заданных условий работы jэк.

Экономически целесообразное сечение кабеля , мм2, определяется по формуле:

,

где – расчетный ток линии напряжением выше 1 кВ в нормальном режиме в часы максимума энергосистемы, А;

jэк – нормированное значение экономической плотности тока для заданных условий работы, А/мм2.

Принятое сечение кабеля проверяется по нагреву рабочим током по условию:

где – допустимый длительный ток кабеля, А;

– поправочный температурный коэффициент (таблица 50 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»);

– поправочный коэффициент на число кабелей, лежащих рядом (таблица 49 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»).

Сечение кабеля, выбранное по экономической плотности тока, соответствует условиям выбора сечения кабеля по нагреву рабочим током.

Для проверки кабеля по термической стойкости к действию тока трехфазного симметричного короткого замыкания определяется тепловой импульс тока короткого замыкания.

Тепловой импульс тока короткого замыкания , А2⋅с, определяется по формуле:

где Та – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ (таблица 119 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»), с;

– время действия релейной защиты, с;

tв – полное время отключения выключателя, с.

Минимальное сечение кабельной линии по термической стойкости при протекании тока трехфазного симметричного короткого замыкания , мм2, определяется по формуле:

,

где Вк – тепловой импульс тока короткого замыкания, А2⋅с;

Ст – коэффициент, зависящий от материала проводника, его изоляции (по таблице 55 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»).

По термической стойкости при протекании тока трехфазного симметричного короткого замыкания выбирается кабель ААШв-10-3х240.

Отклонение напряжения в линии , В, определяется по формуле:

,

где – расчетный ток линии, А;

– активное удельное сопротивление линии, Ом/км;

– индуктивное удельное сопротивление линии, Ом/км;

cosφ, sinφ – коэффициенты мощности, соответствующие значению tgφ в конце линии (принимаются согласно результатов расчета электрических нагрузок объекта).

Необходимо определить процентное соотношение, которое должно соответствовать нормативам ПУЭ по допустимым потерям на линиях напряжением 10 кВ внутри предприятия и не должно превышать 5%.

Допустимые потери напряжения определяются по формуле:

,

Потери напряжения удовлетворяют требованиям ПУЭ, если результат не превышает 5%.

**3.2.13 Трансформаторная подстанция**

**(вводно-распределительное устройство)**

**3.2.13.1 Выбор типа подстанции**

*Подстанцией* называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления, защиты и измерения.

В настоящее время цеховые трансформаторные подстанции выполняются комплектными (КТП), размещаемыми в отдельном помещении цеха или непосредственно в цехе в зависимости от условий окружающей среды и характера производства.

КТП поставляются с заводов полностью собранными или подготовленными для сборки. КТП применяют в постоянных, а также во временных электроустановках промышленных предприятий, т.к. они транспортабельны и просты для монтажа и демонтажа, что позволяет перевозить их на другие объекты. Комплектные трансформаторные подстанции изготавливают для внутренней (КТП, КНТП) и наружной (КТПН) установок. Они могут быть закрытыми и открытыми.

Размеры КТП меньше размеров обычных подстанций тех же схем и мощностей, что позволяет размещать их близко к центру нагрузок. В КТП коммутационная и защитная аппаратура имеет обычное исполнение.

КТП внутренней установки. КТП напряжением 6 – 10/0,4 – 0,23 кВ наиболее широко применяют для непосредственного электроснабжения промышленных объектов. Такие подстанции устанавливают в цехах и других помещениях в непосредственной близости от потребителей, что значительно упрощает и удешевляет распределительную сеть, идущую к токоприемникам, и дает возможность выполнять ее совершенными (в конструктивном отношении) магистральными и распределительными шинопроводами.

Комплектные цеховые ТП выполняют напряжением 6 – 10/0,4 – 0,23 кВ с трансформаторами до 2500 кВА. На сравнительно небольшой площади, занимаемой КТП, размещают силовой трансформатор, коммутационную защитную и измерительную аппаратуру и при необходимости секционный автомат для присоединения второго комплекта двухтрансформаторной КТП.

КТП наружной установки. КТПН выполняются для различных напряжений и предназначаются для электроснабжения строительных объектов промышленных предприятий и отдельных районов. КТПН рассчитаны для установки на открытом воздухе, но не предназначены для работы в атмосфере с токопроводящей пылью, химически активными газами и испарениями.

Подстанции изготовляют двух видов, рассчитанных на мощность трансформаторов

160 – 250 и 400 – 630 кВА.

**3.2.13.2 Выбор электрооборудования подстанции**

Для внутрицеховых сетей применяют КТП или КТПН с одним или двумя трансформаторами мощностью до 2500 кВА и напряжениями 6 – 10/0,4 – 0,23 кВ. Подстанция состоит из трех узлов:

* шкаф ввода высокого напряжения (ввод ВН);
* силовой трансформатор;
* распределительное устройство низкого напряжения (РУ НН).

Шкафы ввода высокого напряжения предназначены для глухого присоединения трансформатора к линии, через выключатель нагрузки или разъединитель с предохранителем.

Ввод ВН в ТП осуществляется от радиальных или магистральных линий. В первом случае в конце линий не требуются коммутационные аппараты, и линию наглухо соединяют с зажимами ВН трансформатора. Все коммутационные аппараты и защитные устройства блока линия – трансформатор находятся в начале линии (например, на ГПП предприятия). Для удобства проведения ремонтных работ и профилактических испытаний кабельных линий могут предусматриваться разъединители между кабелем и трансформатором. Для удобства заземления кабеля во время ремонтных работ разъединитель обычно снабжают заземляющими ножами, однако вместо них могут предусматриваться и переносные заземления.

В случае подвода к подстанции магистральных линий в присоединении к трансформатору предусматривают защитные и коммутационные аппараты. Коммутационные аппараты предусматривают и в кабельной магистральной линии с обеих сторон присоединения. Наиболее дешевым вариантом является применение в цепи трансформатора разъединителя с плавким предохранителем. Эта схема применима в следующих случаях:

1. ток нагрузки трансформатора отключается аппаратами НН;
2. разъединитель ВН способен отключить ток ХХ трансформатора (допустимость отключения токов ХХ электрооборудования разъединителями ограничена требованиями ПУЭ и других нормативных документов; допустимый отключаемый ток ХХ находится в пределах 10 А);
3. номенклатура плавких предохранителей позволяет выбрать подходящие по номинальному току трансформатора предохранители с требуемой отключающей способностью токов КЗ;
4. у трансформатора не применяются защиты, требующие в цепи ВН выключателя;
5. включение и отключение трансформатора производятся относительно редко (например, не более нескольких раз в месяц);
6. не требуется дистанционное управление или телеуправление подстанцией.

Когда требуется отключение тока нагрузки со стороны ВН, вместо разъединителя применяют выключатель нагрузки. Выбор схемы зависит от конструктивных особенностей выключателей нагрузки и плавких предохранителей (часто составляющих один комплексный аппарат). Выключатель нагрузки снабжен приводом, позволяющим использовать дистанционное управление или телеуправление для нечастых включений и отключений. В случае частых (например, ежедневных) коммутаций в цепи трансформатора, а также при необходимости применения сложных схем защиты со стороны ВН трансформатора предусматривают выключатель ВН.

В случае применения выключателя ВН в составе подстанции, особенно в случае питания от кабельной магистральной линии, используют простейшее РУ ВН.

Силовые трансформаторы КТП.

На напряжении 6 – 10 кВ применяются масляные, совтоловые и сухие трансформаторы, но преимущественное применение находят масляные трансформаторы.

Применение совтоловых трансформаторов мощностью до 1600 кВА целесообразно в тех случаях, когда по условиям среды нельзя устанавливать масляные трансформаторы и недопустима установка сухих негерметизированных трансформаторов. При выборе этих трансформаторов необходимо учитывать их токсичность при наличии течи совтола, т.к. при этом выделяются вредные пары, длительное вдыхание которых вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и носа.

Сухие трансформаторы имеют ограниченное применение, т.к. они дороже масляных и имеют следующие недостатки:

1. боятся грозовых перенапряжений;
2. создают при работе повышенный шум по сравнению с масляными;
3. требуют установки в сухих непыльных помещениях с относительной влажностью не более 65 %.

Применение сухих трансформаторов целесообразно при их мощности до 400 кВА. В основном они применяются там, где недопустима установка масляных трансформаторов из-за пожарной опасности, а трансформаторов с негорючей жидкостью из-за их токсичности.

Силовые трансформаторы имеют два ввода ВН и НН. Ввод ВН подключается к питающей линии через шкаф ВН. Ввод НН используется для соединения трансформатора со сборными шинами РУ НН.

Соединение может осуществляться следующим образом:

1. без применения коммутационных аппаратов, если исключена подача напряжения на трансформатор со стороны НН, а отключение трансформатора в нормальных и аварийных режимах производится аппаратами ВН;
2. с применением неавтоматических аппаратов (например, рубильников), если на трансформатор не может подаваться напряжение со стороны НН, но требуется ручное отключение нагрузки или ручное отделение трансформатора со стороны НН;
3. с применением аппаратов защиты ( плавких предохранителей или автоматических выключателей), если на трансформатор может быть подано напряжение со стороны НН.

Распределительное устройство НН состоит из шкафа ввода НН и линейных шкафов с установленными в отсеках коммутационными аппаратами и измерительными приборами. Отходящие линии НН могут содержать неавтоматические выключатели с предохранителями, плавкие предохранители с механическим приводом (предохранители-рубильники и т.п.), резьбовые или другие вынимаемые предохранители без дополнительных аппаратов, неподвижные автоматические выключатели на выдвигаемых или выкатных узлах.

На подстанции двумя трансформаторами устанавливается секционный шкаф (при однорядной компоновке подстанции) или шинный мост в коробе (при двухрядной компоновке подстанции). Между секциями предусматривают защитные аппараты и, если требуется автоматическое включение резервного питания при аварии с одним трансформатором, автоматически включаемые аппараты (автоматические выключатели с приводом включения).

Более подробная техническая характеристика оборудования комплектных трансформаторных подстанций приведена в каталогах электротехнического оборудования заводов-изготовителей.

Коммутационные аппараты должны быть способны включать и отключать соответствующие цепи в продолжительных и в кратковременных аварийных режимах, в том числе в режиме КЗ. Во включенном положении коммутационные аппараты должны быть способны пропускать сквозной ток КЗ. Плавкие предохранители должны быть способны отключать соответствующие цепи при коротких замыканиях и перегрузках.

При выборе коммутационной аппаратуры подстанции следует учитывать типы аппаратов устанавливаемых в выбранной серии КТП.

По результатам выбора электрооборудования подстанции выполняется принципиальная схема КТП.

На листе 1 графической части необходимо показать всё электрооборудование подстанции с соблюдением масштаба и требований Правил устройства электроустановок.

Ширина прохода вдоль КРУ и КТП, а также вдоль стен подстанции, имеющих двери или вентиляционные отверстия должна быть не менее 1 м; кроме того, должна быть обеспечена возможность выкатки трансформаторов и других аппаратов.

Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа и КТП должна обеспечивать удобство обслуживания, перемещения и разворота оборудования и его ремонта.

При установке КРУ и КТП в отдельных помещениях ширина прохода должна определяться, исходя из следующих условий:

1. для однорядного исполнения – длина тележки КРУ плюс не менее 0,6 м;
2. для двухрядного исполнения – длина тележки КРУ плюс не менее 0,8 м.

Ширина коридора обслуживания должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее:

* 1 м при одностороннем расположении оборудования;
* 1,2 м при двухстороннем расположении оборудования.

Допускается местное сужение коридора обслуживания не более чем на 0,2 м (при этом сужение прохода напротив выкатываемых тележек запрещается).

При наличии прохода с задней стороны КРУ и КТП для их осмотра ширина его должна быть не менее 0,8 м; допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 м.

При открытой установке КРУ и КТП в производственных помещениях ширина свободного прохода должна определяться расположением производственного оборудования, обеспечивать возможность транспортирования наиболее крупных элементов КРУ и КТП и во всяком случае должна быть не менее 1 м.

**3.2.13.4 Расчет заземляющего устройства**

Многие части электроустановок, не находящиеся под напряжением (корпуса электрических машин, осветительная арматура, металлические конструкции подстанций, металлические оболочки кабелей и кабельные муфты и т.п.) могут во время аварии оказаться под напряжением, что вызывает опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала при прикосновении к ним. Обеспечить безопасность прикосновения к таким частям должно защитное заземление.

В основу классификации электроустановок по мерам электробезопасности положено номинальное напряжение электроустановки (до 1 кВ и выше 1 кВ) и режим ее нейтрали. Классификация электроустановок по мерам электробезопасности приведена в таблице 120 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Согласно задания на курсовое проектирование необходимо описать конструктивное выполнение заземляющего устройства и произвести расчет заземляющего устройства.

В настоящее время основные технические решения, определяющие электробезопасность электроустановок зданий, регламентируются Правилами устройства электроустановок.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; автоматическое отключение питания; уравнивание потенциалов; выравнивание потенциалов; двойная или усиленная изоляция; сверхнизкое (малое) напряжение; защитное электрическое разделение цепей; изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

***Заземление*** – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

В электроустановках различают следующие виды заземления:

***защитное заземление*** – заземление, выполняемое в целях электробезопасности;

***рабочее заземление*** – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопас-

ности).

Заземление снижает потенциал по отношению к земле металлических частей электроустановки, оказавшихся под напряжением при аварии, до безопасного значения.

Защитные действия заземления состоят в уменьшении тока, возникающего в теле человека при соприкосновении с корпусом электроустановки, оказавшейся под напряжением.

Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты системы заземления, приведенные в таблице 121 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Общие требования и условия применения заземления приведены в таблице 13.

Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители.

Для заземляющих устройств следует по возможности использовать естественные заземлители: водопроводные и другие металлические трубы, проложенные в земле без изоляции (кроме трубопроводов с горючими веществами), имеющие металлические конструкции зданий и сооружений, а также имеющие соединения с землей, шпунты, свинцовые оболочки проложенных в земле кабелей и т.п.

Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN.

В таблице 14 приведены части, подлежащие заземлению, и основные требования к устройству заземления согласно требования Правил устройства электроустановок.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью и до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление должно быть не менее сопротивления установленного для сети напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью и представленного в таблице 123 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Для подстанций напряжением 6 – 10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

1. нейтраль трансформатора на стороне напряжения до 1 кВ;
2. корпус трансформатора;
3. металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше;
4. открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;
5. сторонние проводящие части.

Вокруг площади занимаемой подстанцией, на глубине 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования, должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству.

При выборе сечения заземлителей необходимо учитывать коррозионную активность грунта по отношению к стали приведенную в таблице 124 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Контур заземления здания состоит из внешнего и внутреннего заземления. Внутренний контур заземления выполняется на каждом этаже здания стальным проводником.

Рекомендуемые и допустимые размеры проводников указаны в таблице 129 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Общие требования к конструктивному выполнению заземляющих устройств изложены в таблицах 15,16 и 17.

***Порядок расчета заземляющего устройства*:**

1. В соответствии с ПУЭ устанавливают допустимое сопротивление заземляющего устройства.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть

, но не более 10 Ом,

где I – расчетный ток замыкания на землю, А.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

При использовании заземляющего устройства одновременно в электроустановке напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью и в электроустановке напряжением до 1 кВ сети с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более указанного в таблице 123Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

1. Предварительно с учетом отведенной территории намечают расположение заземлителей – в ряд, по контуру и т.п.
2. Удельное сопротивление грунта ρ принимается по данным замеров, а при отсутствии таких данных по таблице 125 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
3. Удельное сопротивление промерзшего грунта получается умножением удельного сопротивления грунта, измеренного в нормальных условиях (150С и 10 – 20 % влажности), на поправочные коэффициенты, приведенные в таблице 122 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
4. Сопротивление одного вертикального электрода Rз определяется по формулам, приведенным в таблице 133 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
5. Определяется суммарное сопротивление части заземлителя, состоящей из вертикальных электродов (труб или уголков), электрически связанных между собой, без учета сопротивления соединяющей их полосы

,

где n – число вертикальных электродов;

ηв – коэффициент, учитывающий экранирование электродов соседними.

Коэффициент ηв принимается из таблицы 126 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

1. Определяется сопротивление растеканию горизонтально проложенной полосы, связывающей вертикальные электроды между собой, по таблице 133 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
2. Экранирование горизонтально проложенной полосы другими электродами учитывается коэффициентом ηг приведенными в таблицах 127 и 128 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».
3. Определяется сопротивление растеканию полосы с учетом экранирования

.

Таблица 13 – **Общие требования и условия применения заземления**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Защитная мера | Общие требования | Условия применения |
| Заземление | 1. Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве, то искусственные заземлители должны применяться лишь при необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающих с них. 2. Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, рекомендуется применять одно общее заземляющее устройство.   Для объединения заземляющих устройств различных электроустановок в одно общее заземляющее устройство следует использовать все имеющиеся в наличии естественных, в том числе протяженные, заземляющие проводники.   1. Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, режима работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. | 1. Нормируемые значения сопротивления заземляющих устройств и напряжения прикосновения должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.   Удельное сопротивление земли следует определять, принимая в качестве расчетного значение, соответствующее тому сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства или напряжение прикосновения принимает наибольшие значения.   1. В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление.   В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение (по всей электрически связанной сети) в тех случаях, в – которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяных разработок и т.п.).   1. Электроустановки до 1 кВ переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также электроустановки постоянного тока с изолированной средней точкой следует применять при повышенных требованиях безопасности (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт). Для таких электроустановок должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение. 2. Трехфазная сеть до 1 кВ с изолированной нейтралью или однофазная сеть до 1 кВ с изолированным выводом, связанная через трансформатор с сетью выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора, при этом должен быть предусмотрен контроль за целостностью пробивного предохранителя. |

Таблица 14 – **Части, подлежащие занулению или заземлению**

|  |  |
| --- | --- |
| Части, подлежащие  занулению или заземлению | Требования  к заземлению или занулению |
| 1. Строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые пути и т.п. | В целях уравнивания потенциалов в тех помещениях и наружных установках, в которых применяется заземление или зануление, выполняется присоединение к сети заземления или зануления, при этом естественные контакты в сочленениях являются достаточными. |
| 1. Корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов и т.п. | - |
| 1. Приводы электрических аппаратов | - |
| 1. Вторичные обмотки измерительных трансформаторов | - |
| 1. Каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов | Съемные или открывающиеся части, если на них установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока |
| 1. Металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты,   металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей,  металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода | Кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней |
| 1. Другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование | - |
| 1. Металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В переменного тока, проложенных в общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках, вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению | - |
| 1. Металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников | - |
| 1. Электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов | - |

Таблица 15 – **Требования к конструктивному выполнению заземляющего контура**

|  |  |
| --- | --- |
| Принцип нормирования  заземляющего устройства | Требования к конструктивному выполнению |
| Соблюдение требований  к сопротивлению или  напряжению прикосновения | 1. Заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле прокладывать на глубине не менее 0,3 м. 2. Вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (проводники) (в четырех направлениях). 3. При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами. |
| Соблюдение требований  к сопротивлению  заземляющего устройства | 1. Продольные горизонтальные заземлители (проводники) должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5 – 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии   0,8 – 1 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного горизонтального заземлителя (проводника) для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены одна к другой, арасстояние между фундаментами или основаниями двух рядов не превышает 3м.   1. Поперечные горизонтальные заземлители (проводники) следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5 – 0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния начиная с периферии, не должны превышать соответственно 4; 5; 6; 7,5; 9; 11; 13,5; 16 и 20 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающие к местам присоединения нейтралей трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6×6 м. Горизонтальные заземлители (проводники) следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур. 2. Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей у внешнего горизонтального заземлителя напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3 – 5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда. |
| Соблюдение требований к напряжению прикосновения | Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляющего оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. У рабочих мест допускается прокладка заземлителей на меньшей глубине, если необходимость этого подтверждается расчетом, а само выполнение не снижает удобства обслуживания электроустановки и срока службы заземлителей. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в обоснованных случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1 – 0,2 м |

Таблица 16 - **Соединения и присоединения заземляющих проводников**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Соединяемые проводники | Способы соединения | Дополнительные требования  к качеству соединения |
| Заземляющие проводники | Сварка | 1. Соединения и присоединения заземляющих проводников должны быть доступны для осмотра. 2. Места и способы соединения заземляющих проводников с протяженными естественными заземлителями (например, с трубопроводами) должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении заземлителей для ремонтных работ было обеспечено расчетное значение сопротивления заземляющего устройства. Водомеры, задвижки должны иметь обходные проводники, обеспечивающие непрерывность цепи заземления. 3. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению, должна быть присоединена к сети заземления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник заземляемых частей электроустановки не допускается. |
| Заземляющие проводники в помещениях и в наружных установках  без агрессивных сред | Допускается выполнять соединения заземляющих проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434-82 ко 2-му классу соединений, при этом должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии заземляющих проводников электроустановок и ВЛ допускается выполнять теми же методами, что и фазных проводников. |
| Стальные трубы электропроводок, короба, лотки и другие конструкции. Используемые в качестве заземляющих проводников | Должны иметь соединения, соответствующие требованиям ГОСТ 10434-82, предъявляемым ко 2-му классу соединений. Должен быть обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами электрооборудования, в которые вводятся трубы, и с соединительными (ответвительными) металлическими коробками. |
| Присоединение заземляющих проводников к частям оборудования, подлежащим заземлению | Должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением. Для болтового соединения должны быть предусмотрены меры после ослабления и коррозии контактного соединения. |
| Заземление оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях, подверженных сотрясениям или вибрации | Должно выполняться гибкими заземляющими проводниками |

Таблица 17 – **Способы присоединения проводников к силовому электрооборудованию**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оборудование | Заземляющие элементы | Способ присоединения к заземляющей сети |
| Пусковой аппарат (магнитный пускатель, ящик с автоматическим выключателем и т.д.), аппарат управления (кнопочный пост, конечный выключатель, реостат, контроллер и т.д.), щитки, распределительные шкафы | Корпус аппарата, ящика, щитка, шкафа | Заземляющий проводник присоединяется к заземляющему или крепящему болту корпуса аппарата, ящика или щитка; при установке на металлоконструкции заземляющий проводник приваривается к конструкции. Если заземление через трубы электропроводки, то оно выполняется:  а) присоединением перемычки от флажка или болта, приваренного к трубе, к заземляющему болту на корпусе аппарата, щитка, ящика;  б) установкой на трубе двух царапающих гаек или одной царапающей гайки и контргайки с зажимом стального листа корпуса аппарата между гайками. |
| Электрооборудование, установленное на станках и прочих механизмах | Корпус станка или механизма, имеющего металлическую связь с корпусом электродвигателя или другого оборудования | Заземляющий проводник, идущий от магистрали заземления или от стальной трубы электропроводки (если трубы используются в качестве заземляющих проводников), присоединяется к заземляющему болту на станке (механизме). Электрооборудование, установленное на движущейся части станка, заземляется при помощи отдельной жилы в гибком кабеле, питающем движущуюся часть. |
| Электрооборудование мостового крана | Подкрановые рельсы | Ответвления от заземляющего устройства привариваются в двух местах к подкрановым рельсам. Все стыки рельсов должны быть надежно соединены сваркой, на разъемных стыках должны быть приварены гибкие перемычки. |

1. Определяется полное сопротивление растеканию заземлителя

.

1. На основе расчета уточняется конфигурация заземляющего устройства.

**Пример:** Рассчитать заземление подстанции с двумя трансформаторами 6 / 0,4 кВ мощностью 1000 кВА со следующими данными:

* наибольший ток через заземлении при замыкании на землю со стороны 6 кВ – 25 А;
* грунт в месте сооружения – суглинок;
* климатическая зона – 2;
* дополнительно в качестве заземления используется водопровод с сопротивлением растеканию – 7 Ом.

**Решение:**

Предполагается сооружение заземлителя с внешней стороны здания, к которой примыкает подстанция, с расположением вертикальных электродов в один ряд по длине 16 м; материал – круглая сталь диаметром 25 мм, метод погружения – ввертыванием; верхние концы вертикальных стержней, погруженные на глубину 0,7 м, приварены к горизонтальному электроду из той же стали.

1. Для стороны 6 кВ требуется сопротивление заземления, определяемое формулой

**,**

где Uрас – расчетное напряжение на заземляющем устройстве по отношению к земле, В;

Iрас – расчетный ток замыкания на землю, А.

Так как заземляющее устройство выполняют общим для сторон 6 и 0,4 кВ, то принимается расчетное напряжение на заземляющем устройстве равным 125 В.

 Ом

Согласно ПУЭ сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом, поэтому в качестве расчетного принимается Rз = 4 Ом.

1. Значение сопротивления растеканию естественного заземлителя дано в условии задачи и равно 7 Ом.
2. Сопротивление искусственного заземлителя с учетом использования водопровода в качестве параллельной ветви заземления определяется по формуле



 Ом

1. Рекомендуемое для предварительных расчетов удельное сопротивление грунта в месте сооружения заземлителя – суглинка – по таблице 125 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» составляет 100 Ом. Повышающие коэффициенты для климатической зоны 2 по таблице 131 Справочного пособия оп МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий», принимаем равным 3,6 для горизонтальных протяженных электродов при глубине заложения 0,8 м и 1,7 для вертикальных стержневых электродов при глубине заложения их вершин 0,5 – 0,8 м.

Расчетные удельные сопротивления грунта:

* для горизонтальных электродов

 Ом·м;

* для вертикальных электродов

 Ом·м.

1. Определяют сопротивление растеканию одного стержня диаметром 25 мм и длиной 2,5 м при погружении его ниже уровня земли на 0,7 м по формуле из таблицы 133 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение»



Ом.

6. Определяют примерное число вертикальных заземлителей при предварительно выбранном коэффициенте использования ки.в.з.= 0,88 (таблица 126 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»)



7.Определяют сопротивление растеканию горизонтальных электродов из круглой стали диаметром 25 мм, приваренных к верхним концам вертикальных стержней по формуле из таблицы 133 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»



Ом.

8. Находят действительное сопротивление растеканию горизонтальных электродов с учетом экранирования. Коэффициент использования горизонтальных стержней при числе вертикальных стержней 6 и отношении  по таблице 128 Справочного пособия по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» равен 0,48. Тогда

 Ом.

9. Уточненное сопротивление вертикальных электродов

 Ом

10. Уточненное число вертикальных электродов определяют при коэффициенте использования ки.в.э.= 0,75 из таблицы 126 Справочное пособие по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» при n=6 и :



Окончательно принимают 7 вертикальных стержней.

**3.3 Спецвопрос**

Тему спецвопроса студент выбирает самостоятельно на сайте [dom.sustec.ru](Методические%20указания%20по%20КП%202018.docx) в курсе МДК 02.02 Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий.

Данный раздел может содержать расчетную часть (объем до 5 листов формата А4 печатного текста) и графическую часть (1 лист формата А3).

**4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕННОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Критерии оценки | Количество баллов | | | |
| 5 (отлично) | 4 (хорошо) | 3 (удовлетвор) | 2 (неудовлетвор) |
| 1 | Выполнение задания | В срок | Позже срока  на 1 сутки | Позже срока  на 2 суток | Позже срока  на 4 суток |
| 2 | Оформление пояснительной записки | Старательно | Старания мало | Старания нет | Небрежно |
| 3 | Качество графиков, таблиц и рисунков | Качественно | Некачественно | Небрежно | - |
| 4 | Грамотность и обоснование решений | Полностью | Частично | Слабо | - |
| 5 | Качество чертежа 1 | Качественно | Хорошо | Небрежно | - |
| 6 | Качество чертежа 2 | Качественно | Хорошо | Небрежно | - |
| 7 | Доклад | Полно и уверенно | Достаточно | Неполно | - |
| 8 | Применение современных изделий | 100% | 75% | 50% | 25% |
| 9 | Ответы на вопросы | 100% | 80% | 60% | 40% |

##### 5 Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71 : введ. с 01.07.1996 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

2. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам : взамен ГОСТ 2.107-68, ГОСТ 2.109-68, ГОСТ 5292-60 в части разд. VIII : введ. с 01.07.1974 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

3. ГОСТ 21.210-2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и электропроводок : взамен ГОСТ 21.614-88 : введ. с 01.07.2015 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

4. ГОСТ Р 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации: взамен ГОСТ 21.1101-2009 : введ. с 01.01.2014 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

5. ГОСТ 21.613-2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования : взамен ГОСТ 21.613-88 : введ. с 01.07.2015 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

6. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : введ. с 01.07.2014 // Профессиональные справочные системы «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : локальная сеть ГБПОУ «ЮУрГТК» (дата обращения 10.05.18).

7. Правила устройства электроустановок[Текст]. – 7-е изд., доп. и испр. – Челябинск : ИСЦ Дизайн - Бюро, 2004. – 844 с. : ил.

8. Справочное пособие по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ.02 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских зданий по МДК 02.02 Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий. ПМ.03 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей по МДК 03.01 Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» для специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» [Текст] / ГБПОУ ЮУрГТК ; С.Н.Гнетова. – Челябинск, 2018 – 124 с.

9. Электрооборудование, шинопроводы, электромонтажные изделия, инструменты и механизмы [Текст] : справочник / ООО "Электромонтаж". – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Информ. науч.-производств. агенство, 2010. – 367 с. : ил.

##### Приложение А

ОТЗЫВ

на курсовой проект

по МДК 02.02 Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий

ПМ.02 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования

промышленных и гражданских зданий

# Студента \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_группы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

## Специальность 08.02.09

## Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Тема курсового проекта: ***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Заключение о степени соответствия выполненного курсового проекта заданию ***\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Характеристика выполнения разделов проекта \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Оценка качества выполнения графической части проекта и пояснительной записки

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Положительные качества курсового проекта

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Перечень основных недостатков курсового проекта:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Проект заслуживает оценки \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(по пятибалльной системе)

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.Н.Гнетова

«\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 г.